NASIL ÇALIŞIR

BİLİM, TEKNOLOJİ VE İCATLAR ANSİKLOPEDİSİ

GELİŞİM YAYINLARI 3

ELEKTRİKLİ TAŞITLAR
HALI YAPIMI

ARAÇLAR, GEREÇLER, AYGITLAR, TEKNOLOJİK YÖNTEMLER ve SİSTEMLER

NASIL ÇALIŞIR

GELİŞİM A'DAN Z'YE BİLİM, TEKNOLOJİ VE İCATLAR ANSİKLOPEDİSİ

GELİŞİM YAYINLARI

Copyright: Marshall Cavendish Limited Londra
ve Gelişim Basım Yayım A.Ş.
Şafak sk. 2 Nişantaşı/İstanbul (1980)
Tel: 48 61 82 / 48 61 83

Dizgi: Ağaoğlu Yayınevi Tesisleri

Baskı: Apa Ofset

ARAÇLAR, GEREÇLER, AYGITLAR, TEKNOLOJİK YÖNTEMLER ve SİSTEMLER

NASIL ÇALIŞIR

GELİŞİM A'DAN Z'YE BİLİM, TEKNOLOJİ VE İCATLAR ANSİKLOPEDİSİ

3

GELİŞİM YAYINLARI

Gelişim Basım ve Yayım A.Ş. adına
Sahibi ve Genel yönetmeni:
ERCAN ARIKLI

Genel yönetmen yayın
yardımcısı :
TANJU GÖKÇÖL

Sorumlu Yönetmen:
AYDAN LOSTAR

Teknik Danışman:
VEDAT ÖZTÜRK

Yayın Kurulu:
FARİS AKARSU, NEJAT DALAY,
EMRE DÖLEN, FATİH ERDOĞAN,
ENVER GÜNSEL, GÜROL IRZIK,
LEVENT OĞUZ , GÜHER SAVAT,
ERDEN SOYTÜRK, OYA DALGIÇ

Sayfa Düzeni:
NAZLI TÜRKSOY

Düzelti:
SEVGİ GÜRTUNA

Sekreter:
SULTAN GÜRSOY

ELEKTRİKLİ TAŞITLAR

Elektrikli taşıtların yeni bir buluş olduğu sanılır, oysa, 1837 yılında İngiliz Robert Davidson, bir elektrikli araç yapmıştı. Davidson'un aracı, demir-çinkolu bir AKÜMÜLATÖR ile yalın bir ELEKTRİK MOTORU'yla çalışıyor ve çağdaş elektrikli taşıtların bütün temel öğelerini taşıyordu.

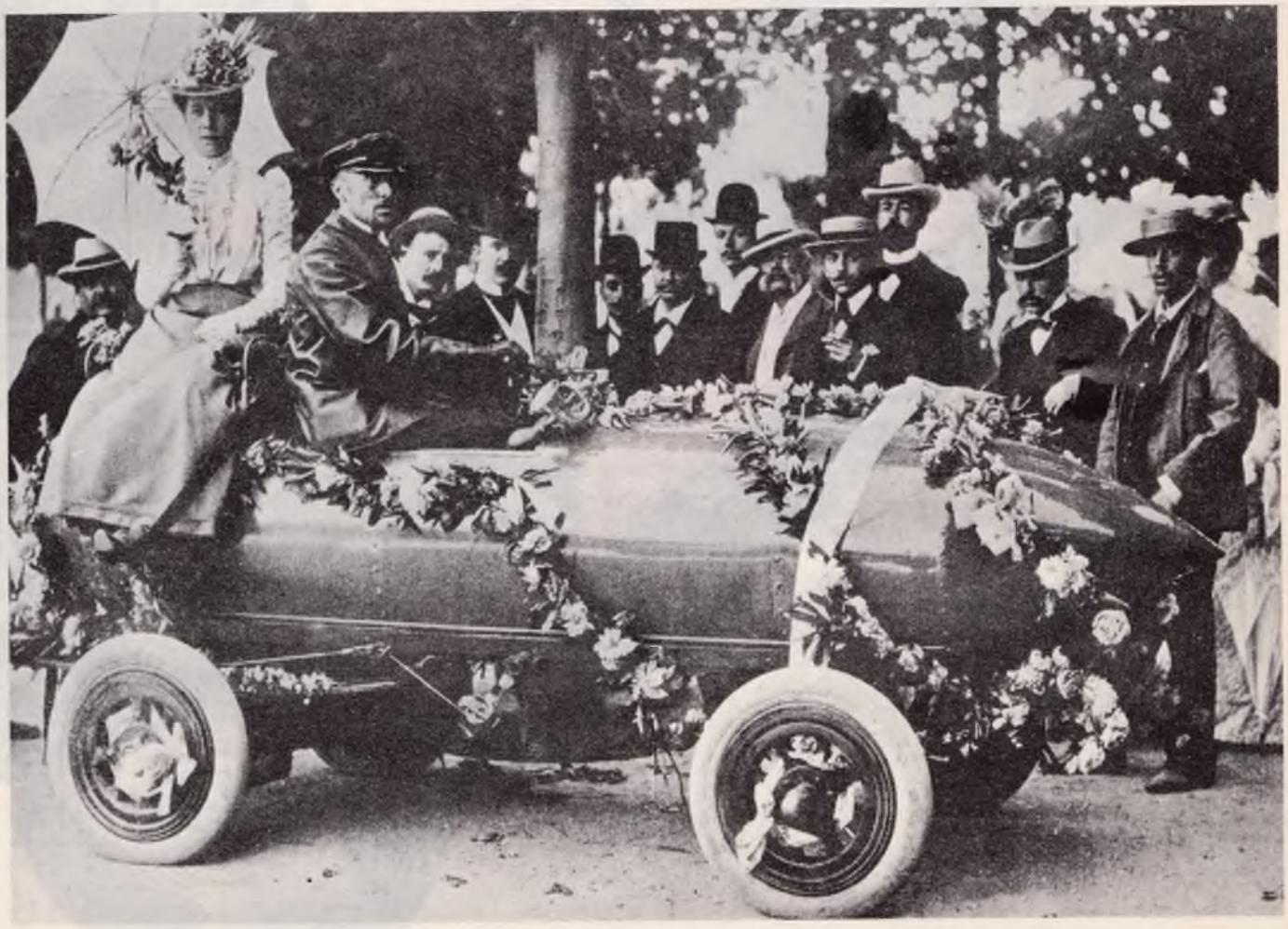
Kurşunlu akümülatörlerin bulunuşuyla, ilk ticari elektrikli taşıt, 1881'de Paris Omnibüs şirketince yapıldı. 1888'de Londra'da ilk elektrikli otobüs çalışmaya başladı. W. C. Bersey'in yaptığı elektrikli taksiler ise, 1897'de kullanıma girdi ve iki yıl kadar çalıştırıldı.

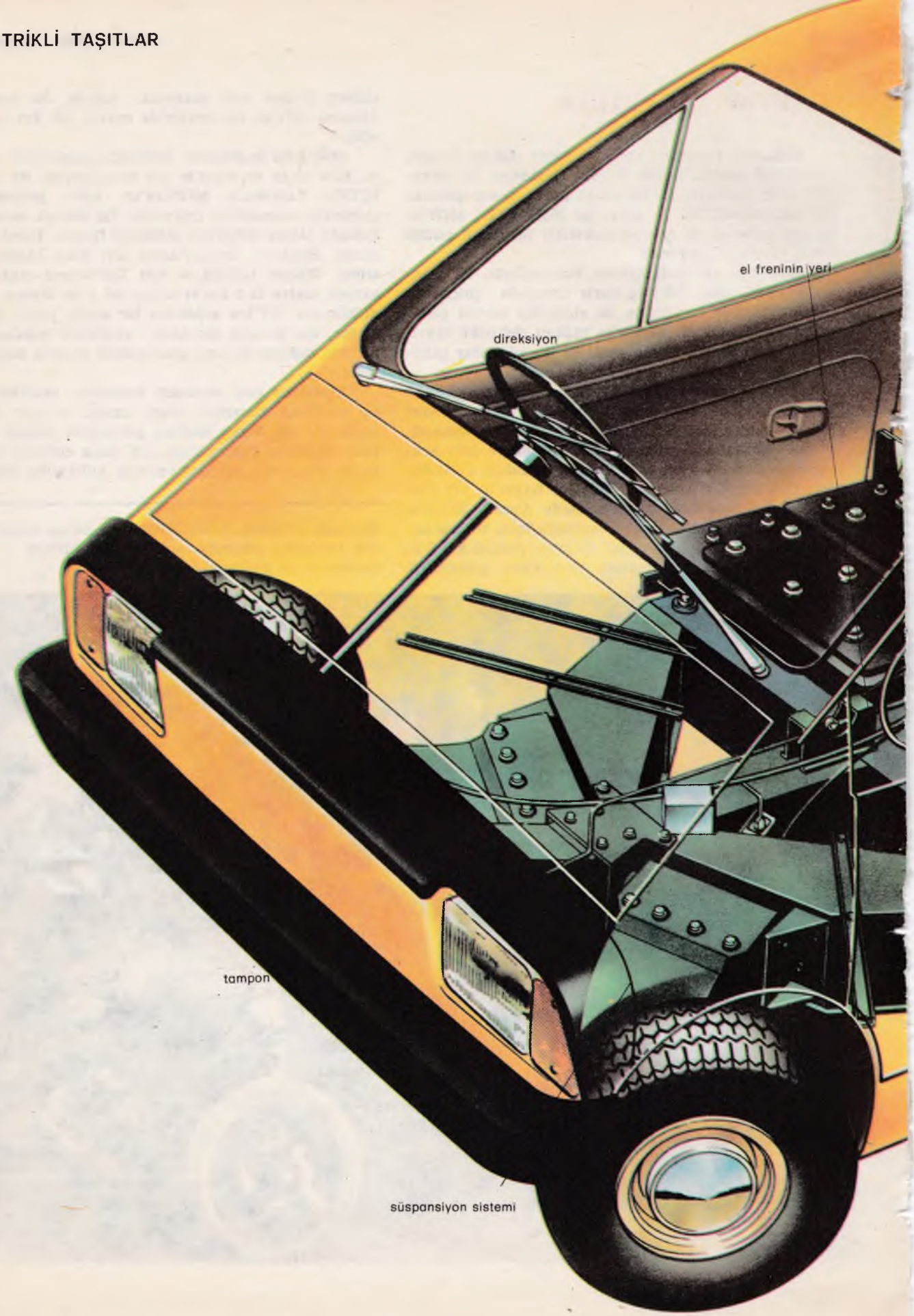
XIX. yüzyılın sonuna doğru, Fransa'da elektrikli bir arabayla ilk hız rekoru kırıldı. 1898'de 63 km/saat hıza ulaşıldı. 1899'da ise Belçikalı Camille Jenatzy, mermi biçimindeki «La Jamais Contente» adlı arabayla saatte 106 km yaptı. Teknik alandaki ilerlemeler, 1902 yılında Amerikalı Charles Baker'ın 137 km/saatlik bir hıza ulaşmasını sağladı. Ancak, Baker'ın otomobili resmi denemede bozulduğu için, rekoru kabul edilmedi. En son elektrikli otomobil rekoru A.B.D'nde Eagle Picher İndustries firmasınca geliştirilen «Silver Eagle» adlı arabayla kırıldı. Bu arabayla Ağustos 1971'de Bonneville'de saatte 245 km hız yapıldı.

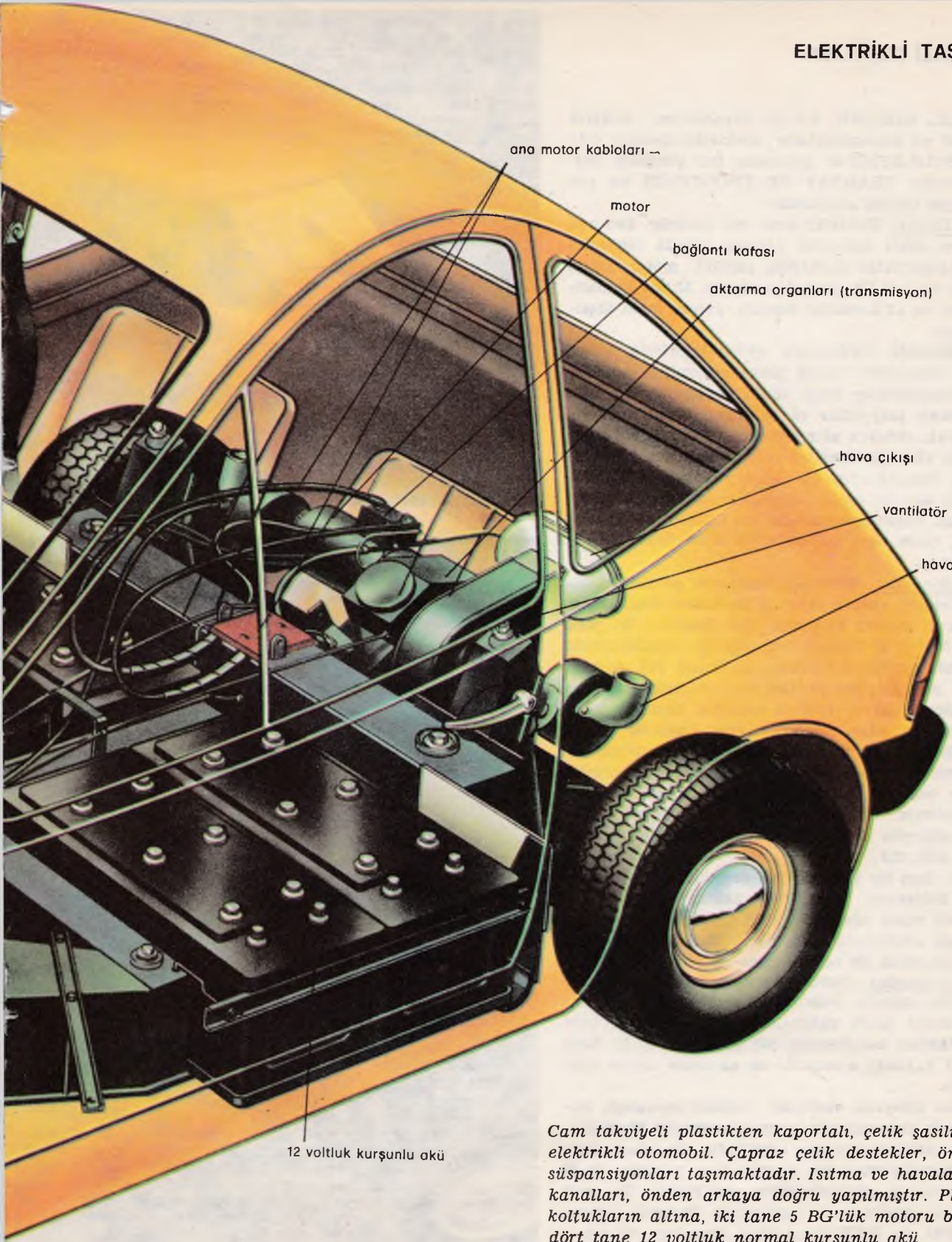
1900'lerin başlarında elektrikli otomobiller, Londra, New York ve Paris'te çok tutuluyordu. Ne var ki, İÇTEN YANMALI MOTOR'un hızla gelişmesiyle, elektrikli otomobiller unutuldu. İki Dünya savaşı sırasında birçok elektrikli otomobil firması kurulup kapandı. Bunların ünlülerinden biri olan İngiliz Partridge Wilson 1936'da,60 volt 324 amper-saatlik bir aküyle saatte 51,5 km'yi bulan bir hıza ulaşan ve bir dolduruşta 100 km gidebilen bir araba yaptı. Bu değerler, söz konusu zamanın elektrikli taşıtları için normal değerlerdi, ama günümüzde yetersiz sayılmaktadır.

Elektrikli özel otomobil alıcılarını olumsuz yönde etkileyen etmenler, ticari amaçlı araçları etkilemedi. Sık sık durup kalkma gerektiren işlerde, elektrikli araçların kullanılması çok daha elverişli olmaktadır. Sözgelimi, süt dağıtımında kullanılan kamyon-

Resimde Belçikalı Camille Jenatzy, dünya rekorunu 106 km/saate çıkardığı arabası «La Jamais Contente» ile görülmektedir. (altta)




el freninin yeri
direksiyon
tampon
süspansiyon sistemi



Cam takviyeli plastikten kaportalı, çelik şasili bir elektrikli otomobil. Çapraz çelik destekler, ön süspansiyonları taşımaktadır. Isıtma ve havalandırma kanalları, önden arkaya doğru yapılmıştır. Plastik koltukların altına, iki tane 5 BG'lük motoru besleyen dört tane 12 voltluk normal kurşunlu akü yerleştirilmiştir. Bunlar havayla soğutulur. Isınan hava ise, içeriyi ısıtmada kullanılır. Yalnız, fren ve hızlandırıcı pedalları gereklidir. Elektrik motorlarında vites kullanılması gerekmez. Tükenmiş aküler transformatör kullanılarak doldurulur ya da hazır şarj edilmişiyle değiştirilir.

daki DİZEL MOTORU, 3-5 yıl dayanırken, elektrik motoru 20 yıl dayanmaktadır. Elektrikle çalışan ÇATALLI İSTİFLEYİCİ'ler dünyanın her yönünde kullanılmaktadır. TRAMVAY VE TROLEYBÜS ise çok yararlı toplu taşıma araçlarıdır.

Ana ilkeler: Elektrikli araç çok yalındır. Beş ana parçası ve sekiz hareketli parçası (dördü tekerlek) vardır. Akümülatör kumanda sistemi, motor iletim organları ve şasi ile gövdeden oluşur. Motor kumanda sistemi ve akümülatör dışında, yapısı, öteki taşıtlara benzer.

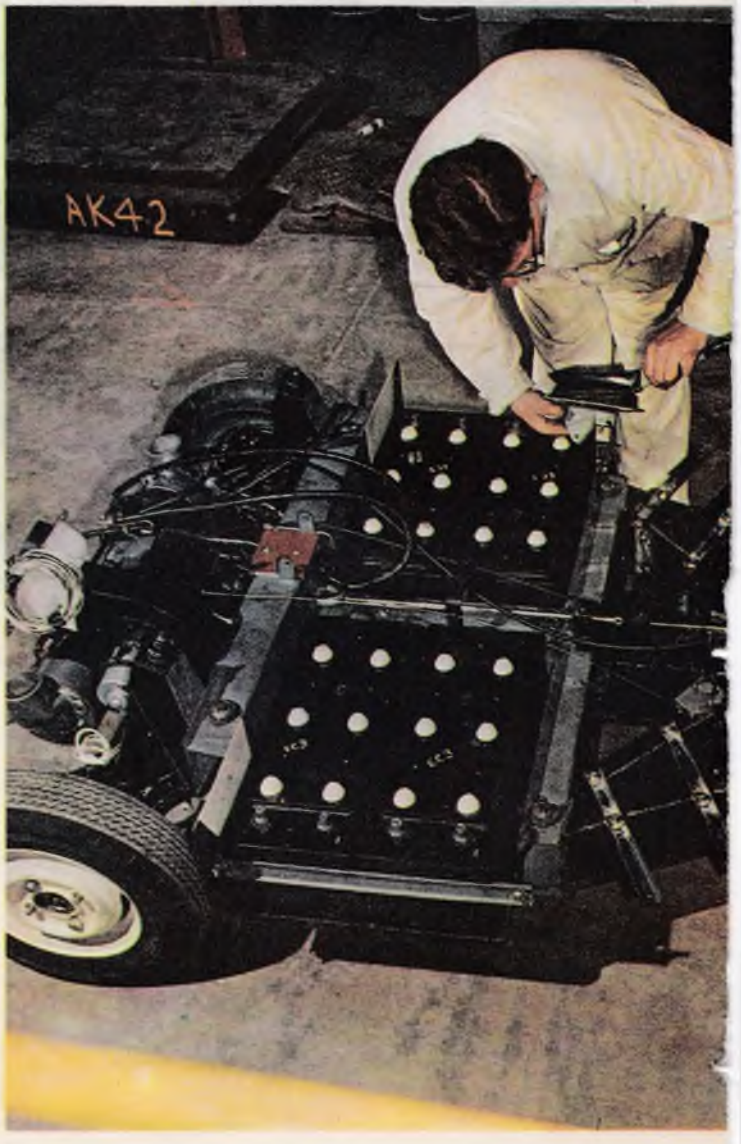
Günümüzde kullanılan akümülatörlerin çoğu, kurşunlu türdendir. Yatay plaka sistemine göre yapılan akümülatörler artık tüplü yapıdadır. Bu çeşit akü, düzenli şarj edilir ve bakılırsa, ömrü dört yılı aşar. Ancak, oldukça ağır olmakta ve enerji yoğunluğu (birim yük için üretilen enerji) yalnızca 24 watt-saat/kg'ı bulmaktadır. Bu yüzden karayolu taşıtlarında pek başarılı sonuç vermezler. Madencilik ve tünel kazma işlemlerindeki gibi sık kullanılmayan araçlarda, uzun süre saklanabilen nikel-demir aküleri kullanılır.

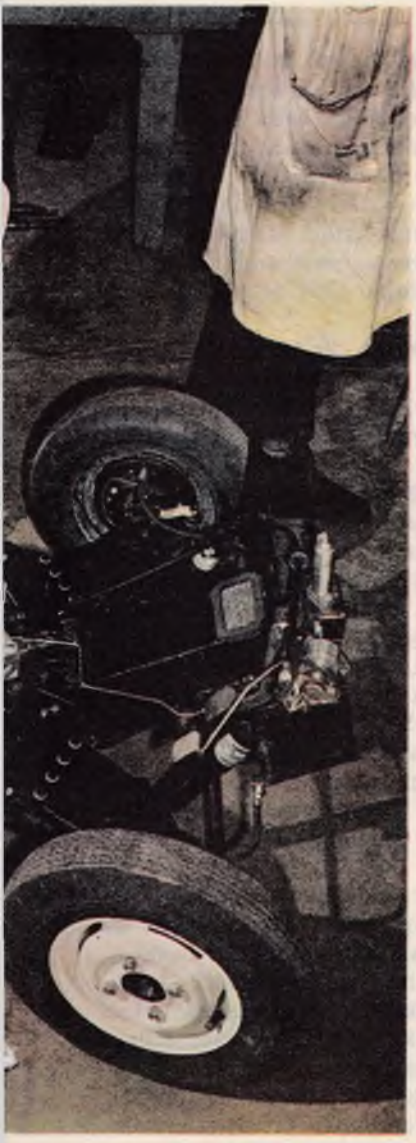
Hız denetimi: Elektrikli taşıtlarda genellikle, arka tekerlekleri, akstan tahrikle döndüren düşük hızlı, doğru akım motoru kullanılır. Hız denetimi iki yolla yapılır: Motor gerilimini seri-paralel bağlantılarla değiştirme; tiristör kullanma. En yalın yol, motoru besleyen gerilimi seri-paralel bağlantılarla değiştirmektir. Sözgelimi 48 voltluk batarya, kalkış için 13 volt üstünden akım sağlayan yere bağlanır. Daha sonra kumanda, 24 V, 36 V, ve 48 V'luk akımları verecek devreleri sırayla harekete geçirir. Elektrikli araçların çoğunda, bir hızlandırıcı pedal ile bir fren pedalı bulunur. Kumanda, direksiyon, hızlandırıcı ve fren pedallarıyla sağlandığından, bu taşıtları kullanmak çok kolaydır.

Daha ileri bir teknikle hız denetimi için, TİRİSTÖR'ler kullanılır. Tiristörler, akımı aralıklı olarak veren katı yapılı öğelerdir. Kalkış ve hızlanmada tiristör kısa aralıklarla akım verir. Hız arttıkça, akım zamanı uzayarak en büyük güce ulaşılır.

Ticari taşıtlar: Gürültü ve hava kirliliği nedeniyle elektrikli taşıtlar, benzinli ve dizel motorlu türlerden üstündür. İçten yanmalı motorlara oranla, hem enerji tüketimi bakımından çok daha verimlidir, hem de enerji kaynağı açısından en az onlar kadar kullanışlıdır.

Bütün dünyada elektrikli taşıtları kullanışlı hale getirmek için araştırmalar yapılmaktadır. En önemli sorun, akümülatörlerin ağırlığıdır. Standart kurşunlu akümülatörler çok ağırdır. Son yıllarda, 35-39 watt-saat/kg'lık akümülatörler yapılmıştır. Bu çeşit akümülatör kullanarak, İngiltere'de Chloride/Selnec, Almanya'da da RWE/Varta/Man firmaları, 72 km / saatlik hızla 60 km'lik yol alabilen 50 yolculuk otobüsler yapmıştır. Boşalmış akümülatörleri doldurmak zaman aldığından, hemen değiştirilebilen akümülatörler kullanılmaktadır. MAN otobüsü, akümülatörleri bir römorkta taşır. Chloride'da ise, akümülatörler otobüsün altına yerleştirilmektedir.





İki kişilik Enfield 8 000 elektrikli otomobili. (üstte solda) Kent içi kullanıma uygun olan bu aracın menzili, 64-80 km'dir.

Elektrikli otobüste aküler, içerde yer kaplamaması için, arkadaki römorkta taşınmaktadır. Aküler bittiğinde, resimde görüldüğü gibi değiştirilir. (üstte sağda)

Ford «Comuta» elektrikli otomobilinin şasisi. (solda) Ön şasi bölümü, direksiyonu, pedalları, ön amortisörleri, ısıtma ve havalandırma girişlerini taşır. Aküler ortada, iki elektrik motoruysa arkadadır.

Hafif bir elektrikli motosiklet. (altta)

Günümüzde hafif elektrikli kamyonetleri geliştirmek için yapılan çalışmalar sürdürülmektedir. Almanya'da Volkswagen kamyonetlerinin bir türü, çok çabuk doldurulan akümülatörlerle çalışmaktadır. İngiltere'de Electricity Council ve J. Lucas Ltd. şirketleri, Biritish Leyland ve Bedford kamyonetlerinin elektrikli modellerini yapmıştır. Leyland, mekanik bir vites kutusu ve yüksek hızlı motor, Bedford ise tiristör kullanmaktadır. İkisi de saatte 80 km hıza çıkabilir. A.B.D'nde Electric Vehicle Council, Battronic firmasına, elektrikli kamyonetler ısmarlamıştır. Bu durum başka ülkelerde, özellikle Japonya'da da görülmektedir.

Kamyonet, içinde bol yer olması nedeniyle, değişik enerji kaynaklarının denenmesinde, özellikle yararlıdır. A.B.D'nde örneğin General Motors firması sıvı hidrojen ve oksijen dolu depolardan beslenen YAKITLI PİL'le çalışan kamyonetler yapmıştır. İngiltere'de Electricity Council'in ilk sodyum - kükürt akümülatörünü kullanarak çalıştırdığı kamyonet, 66 watt-saat/kg enerji yoğunluğu vermiştir. Bu yoğunluğun 154 watt-saat/kg'a kadar çıkacağı sanılmaktadır. Çinko-klor ve çinko-hava akümülatörleri ise, henüz deneme aşamasındadır.

Elektrikli otomobiller: Elektrikli taşıtların içinde en çok ilgi çekeni elektrikli otomobillerdir. Bugüne kadar hiç bir elektrikli otomobil, başarılı olmamıştır. Üreticiler de, bu konu üstünde gerektiğince durmamışlardır. Fransa'da Electricité de France, Renault 4'ü, İtalya'da da ENEL, bir FİAT'ı elektrikli hale getirmiştir. A.B.D'nde geniş gövdeli arabalar elektriğe çevrilmiş ve bunlarla 97 km/saat'lik hız ile, 160 km'lik menzil sağlanmıştır. Ancak bu alanda seri üretime geçilmemiştir.

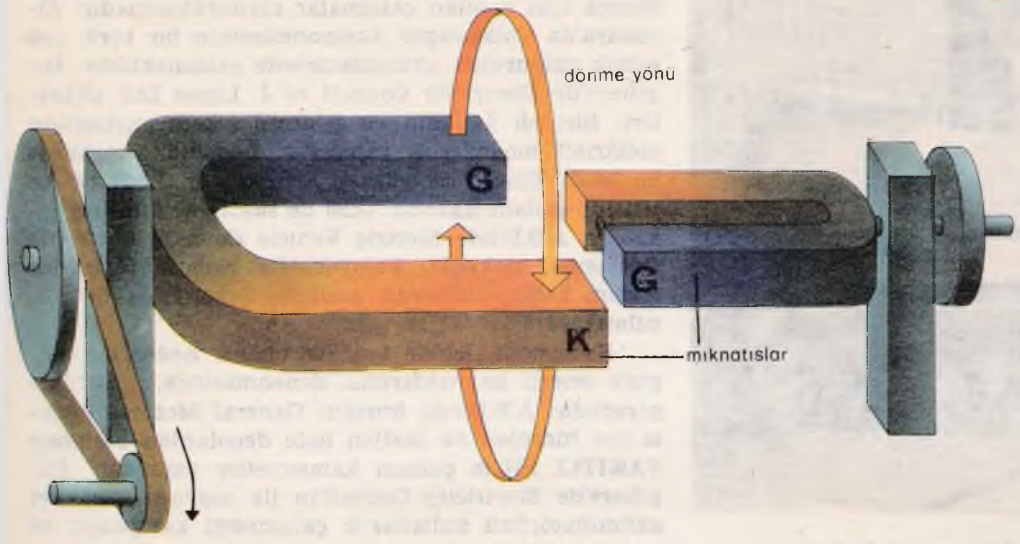
Elektrikli otomobil tasarımında bazı sorunlar çıkmaktadır. İçinde ağır akümülatörler taşıyacak, yeni güvenlik kurallarına uygun küçük arabalar yapmak çok zordur. Şimdiye kadar yapılanlar dayanıksızdır. İngiltere'de Electricity Council'in ısmarladığı Enfield 8 000, bu sorunları çözmüştür. İki kişilik olan bu araba, devrilmeye dirençlidir, alçaktır ve aerodinamik yapılıdır. Hızı 64 km/saat, menzili 64-80 km'dir. Kent içinde kullanılmaya çok elverişlidir.

Elektrikli taşıtlar alanındaki bir başka yenilik de, elektrikle çalışan motosiklettir. Avusturya'da Steyr - Daimler-Puch şirketinin yaptığı elektrikli motosikletler, kalabalık iş merkezlerinde çok yararlı olmaktadır.

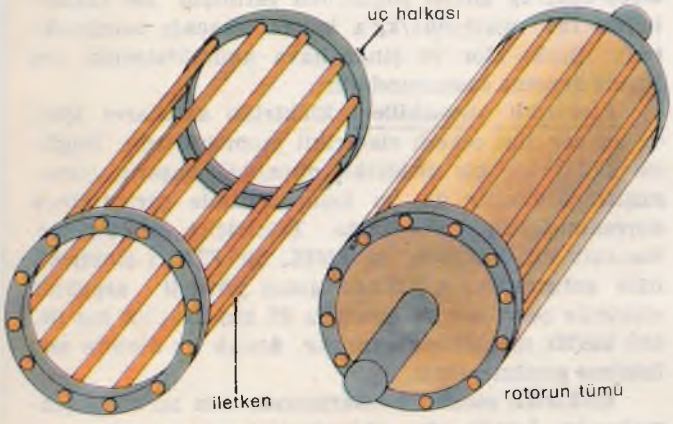
ELEKTRİK MOTORU

Elektrik motoru, hem motor, hem de jeneratör olarak kullanılabilir. Bu nedenle, motor yerine «makina» sözcüğünü kullanmanın daha doğru olacağı söylenebilir. Elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinalar, ilke olarak bunun tersini de yapabilir.

Bütün elektrik motorları ELEKTROMAGNETİZMA ilkelerine göre çalışır: Ya bir magnetik alana



Eşzamanlı motorun ilkesi. (solda) Soldaki at nalı mıknatıs, gösterilen yönde dönerse, sağdaki mıknatısı da döndürür. Sağdaki mıknatısın ucunda bir yük varsa, dönerken kutupları, ana kutupların biraz gerisinde kalacaktır. Piyasadaki motorlarda mıknatısların yerine silindirler kullanılır. Dışta alternatif akım taşıyan bobinler, dönen bir alan sistemi oluşturur (indüksiyon motorundaki gibi). Rotor ise, doğru akımla beslenen bir elektromıknatıs sistemidir.



«Sincap kafesli» indüksiyon motorunun rotoru, bakır ve alüminyum çubukların aynı maddeden yapılmış bir halkayla birleştirilmesinden oluşur. (üstte) İletken, tek başına (solda) ve rotorla (sağda) gösterilmiştir. Dönen magnetik alan kafese akım verir; kafes de rotoru döndürür.

akım taşıyan bir tele mekanik bir kuvvet etkir ya da elektromıknatıslar ferromagnetik gerece (mıknatıslanması yüksek) kuvvet uygular. Motorlarda, doğru akım ya da TRANSFORMATÖR'ler tarafından gerilimi değiştirilebilen alternatif akım kullanılır.

Elektrik motorları, mekanik sistemlere, çarklarla doğrudan iletilebilen dönme hareketi sağlar. Değişik tip motorlar iki grupta toplanabilir: «Elektromagnetik makinalar»; «magnetik makinalar». Elektromagnetik grup, indüksiyon motorunu, senkron motorunu, doğru akım motorunu, alternatif akım çok fazlı kollektörlü motorlarını, tek fazlı alternatif akım kollektörlü motorunu ve tepki motorlarını kapsar. Magnetik makinalar ise, magnetik dirençli eşzamanlı motorları, kesiklik motorlarını. SOLENOİT'leri, RÖLE'leri içerir.

İki grupta da elektromıknatıs kullanıldığından, bu ayırım anlamsız görülebilir. Ancak, önemli olan, uygulamadaki farklardır. Elektromagnetik makinaların hacimleri büyüdükçe, verimleri artar. Magnetik makinalarda ise, verimi artırmak için, hacim küçültülür. Bu yüzden, magnetik dirençli senkron motor ve kesiklik motorların kullanımı, teypler, pikaplar ve saatlerle sınırlıdır. Oysa, elektromagnetik makinalar, hem büyük endüstri makinalarında, hem de küçük aygıtlarda kullanılabilir.

Elektrik motorunun değişik bir türü, DOĞRUSAL ELEKTRİK MOTORU'dur. Bu motor, dönel makinanın (küçük değişikliklerle) bir düzlem üstüne açılmışıdır. Doğrusal motorlar da dönel motorlar kadar çeşitli olabilir.

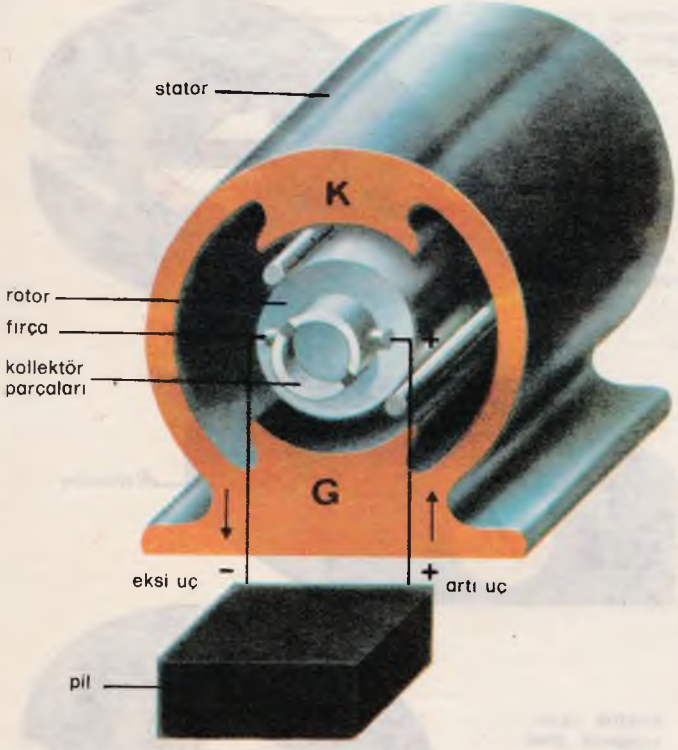
İndüksiyon motoru: Elektrik ileten bir levhanın yanından bir mıknatıs geçirilirse, levhada, levhayı mıknatısla birlikte harekete zorlayan FOUCAULT AKIMLARI oluşur. İndüksiyon devresinin iletken levhaları, magnetik olmayan bakır ve alüminyum gibi gereçlerden oluşur. Bu, magnetik cisimlerin küçük hacimlerde etkili olduğunu, indüksiyon aygıtlarının (elektromagnetik aygıtlar) ise, bu hacimde pek etkili olmadıklarını gösterir. Bu yüzden, indüksiyon motorunun ilkesi, masanın üstünde duran maden paranın üstünden mıknatıs geçirerek açıklanamaz. Büyük kuvvetlerin ortaya çıkması için, deneyin 30 cm çapında bakır bir disk ve büyük bir mıknatısla yinelenmesi gerekir.

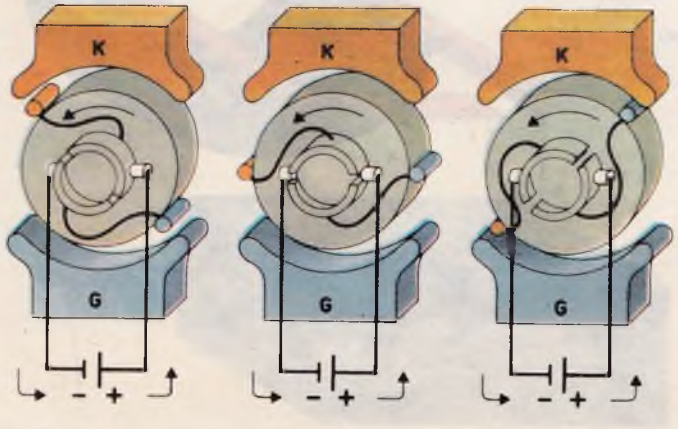
Ne var ki bu sistem, bir «motor» olarak tanımlanamaz; çünkü mıknatıstaki mekanik güç, plakada da bir mekanik güç oluşturmak zorundadır. Bir indüksiyon motoru oluşturmak için elektrik akımıyla beslenen bir dizi hareketsiz elektromıknatıs gerekir. Akım sırayla verilince, kalıcı mıknatısların hareket ettirilmesiyle sağlanan etki ortaya çıkar.

Söz konusu olayın daha iyi anlaşılması için, bir halka üstüne sıralanmış ampuller örnek alınabilir.

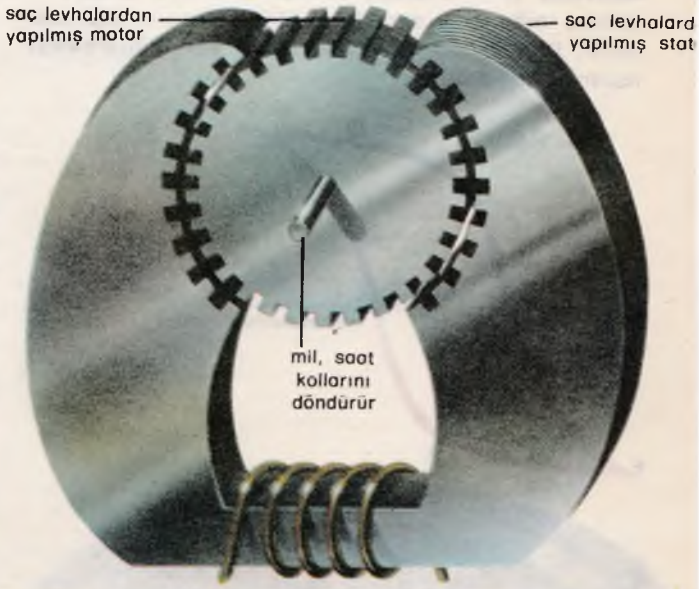
Ampuller, yeterli hızda, sırayla açılıp kapanırsa, halka çevresinde bir ışık noktası dönüyormuş gibi görünür. Oysa, herhangi bir ışık kaynağı hareket etmemektedir. Öte yandan, lambaların tek tek yakılması yerine, önce 1,4,7,10, vb., sonra 2,5,8,11, vb. ve daha sonra da 3,6,9,12, vb. numaralı lambalar hızla yakılıp söndürülebilir. Böylece, halka boyunca, karanlık ve aydınlıktan oluşmuş şekiller dönüyormuş gibi bir görüntü yaratılabilir. İndüksiyon motorundaki dönel magnetik alan da böyle oluşturulur: Makinanın hareketsiz bölümüne mıknatıslar, halka biçiminde dizilir. Bu mıknatıslara sırayla enerji verilince, kuzey ve güney kutupları, halka çevresinde dönüyormuş gibi olur. Böylece yaratılan magnetik alan, iletken silindirde, *gerçekten* hareket eden bir mıknatıs sistemiyle ortaya çıkarılabilecek ölçüde akım indükler.

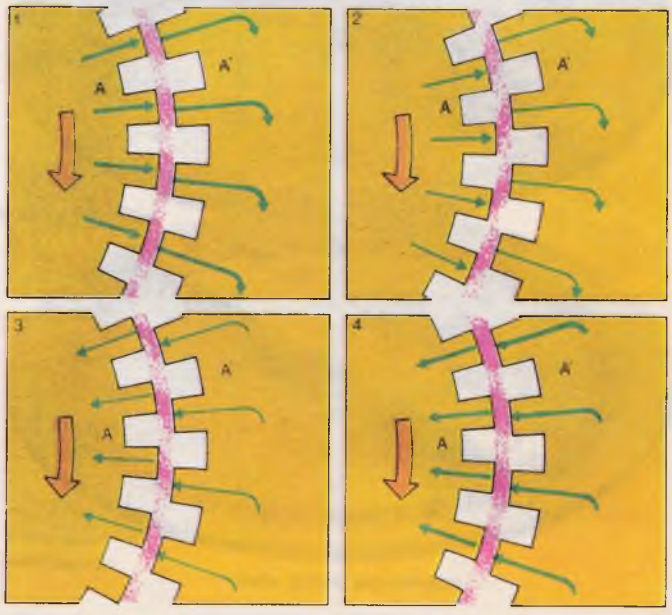
Yalın doğru akım motoruna (altta solda), bir açıdan bakılırsa, bir tek bobin ve bir çift kollektör parçası görülür. «Alan» mıknatısları dışardadır. Küçüklerde sürekli mıknatıs, büyüklerde elektromıknatıs kullanılır. Rotor bobini döndükçe, bobindeki akım peryodik olarak değişir. Kollektörün hareketiyle, hep aynı yönde itici güç sağlanır.





Elektrik saatinde kullanılan magnetik dirençli eşzamanlı motor. (altta sağda) Rotorun dişlileri, dıştaki dişlilere uymaya çalışır. Uyum sağlandığında, rotor hareketsiz kalır. Ancak, akım alternatif olduğundan, magnetik alan en büyük değere eriştiğinde dönüş hızı, iki sıra dişlinin magnetik açıdan birbirine karşıt duruma geleceği düzeydedir.



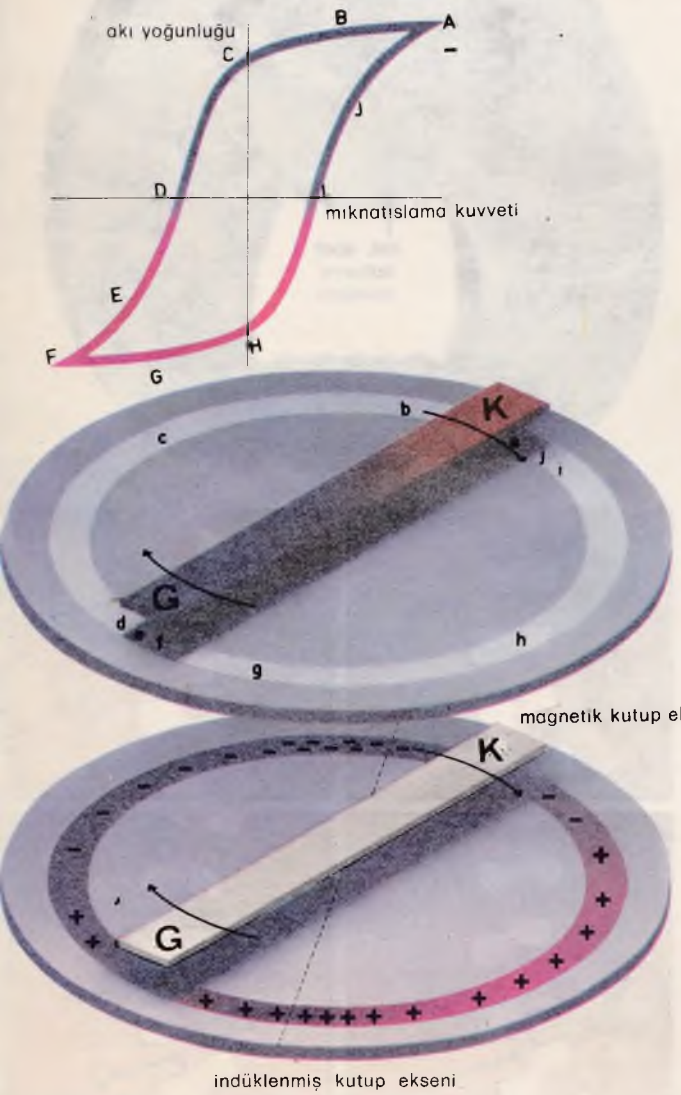


Elektromıknatısların sırayla tek tek uyarılmasını sağlamak yerine, alternatif akımla besleme yapılabilir. Alternatif akım motoru, doğru akımdaki gibi komütatör ve fırçalara gerek göstermediğinden, hem daha ucuz, hem de dönen parçanın yalnızca bir metal parçasından oluşması nedeniyle, daha sağlamdır. Birçok makinada, dönen parça, yani «rotor», yarıklı bir çelik çekirdekten yapılmıştır. Yarıklara, alüminyum ya da bakır külçeler yerleştirilmiştir. Bu külçeler, rotorun sonunda bir halka biçiminde bir araya gelmiştir. Günümüzde külçeler ve uç halkaları, döküm sırasında tek bir işlemle yapılır. Aynı işlemle uca, genellikle bir de soğutma pervanesi eklenir.

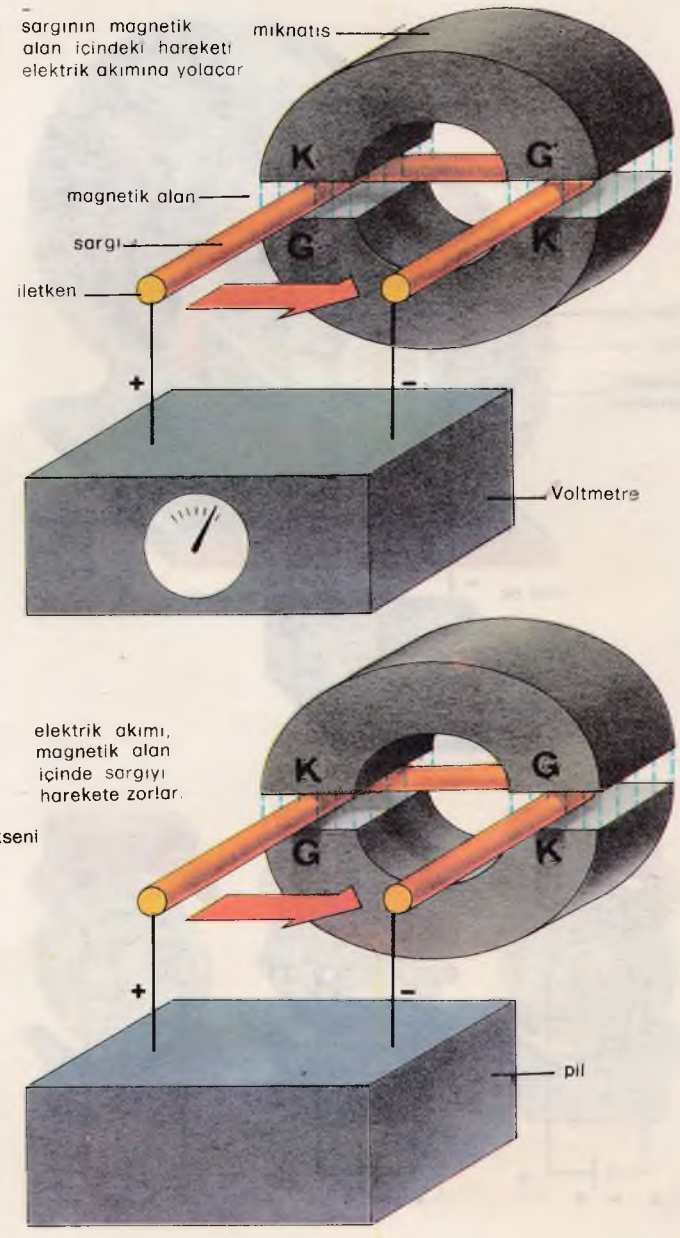
İndüksiyon motorları çok kuvvetli, güvenilir ve az masraflıdır. Bu nedenle, dünyadaki elektrik motorlarıyla elde edilen gücün % 90'ı bu türden motorlardan sağlanır.

Eşzamanlı motor (senkron motor): Bir indüksiyon motorunun rotorundaki akım, dönen alan ile ikincil iletken arasındaki görece harekete bağlıdır.

Kesiklik (histerezis) motorunun çalışması. (altta solda) Mıknatıs dönerek, çelik diski mıknatıslar. Bir kez mıknatıslanan disk, kolayca boşalmaz ve mıknatısla birlikte dönmeye çalışır. Diskin mıknatısla aynı hızda dönmesine, «kilitlenme» denir. Disk üstündeki herhangi bir yük, kilitlenmeyi bozar ve hızı azaltır.



Bir iletken, magnetik alanda hareket ettirildiğinde, bir gerilim oluşur, yani indüklenir. (altta sağda) İletkenin ucu bir voltmetreye bağlıysa, voltmetre bir değer gösterir. Voltmetre yerine bir pil bağlanıyorsa, iletkenden bir akım geçer ve iletkeni yana doğru iten bir kuvvet ortaya çıkar. Motorda hareketi sağlayan, bu kuvvettir.



Başka bir deyişle rotor, hiç bir zaman alanı «yakalayamaz». Rotor, alan hızının % 97'sinde dönüyorsa, % 3'lük bir *kayma* vardır. Yük arttıkça bu fark da artacak ve tam hıza ulaşmak olanaksızlaşacaktır. Tam hıza erişilmek istendiği durumlarda, rotoru doğal mıknatıslardan ya da doğru akımla beslenen elektromıknatıslardan oluşan bir motor kullanılır. Ana bobinler, tıpkı indüksiyon motorundakiler gibi, dönen bir magnetik alan oluşturacak biçimde düzenlenmiştir. Ancak burada, dönen alan «kilitlenir». Böylece, rotor hızında kayma olmaz ve şebeke ile *eşzamanlı* (senkron) çalışma sağlanır.

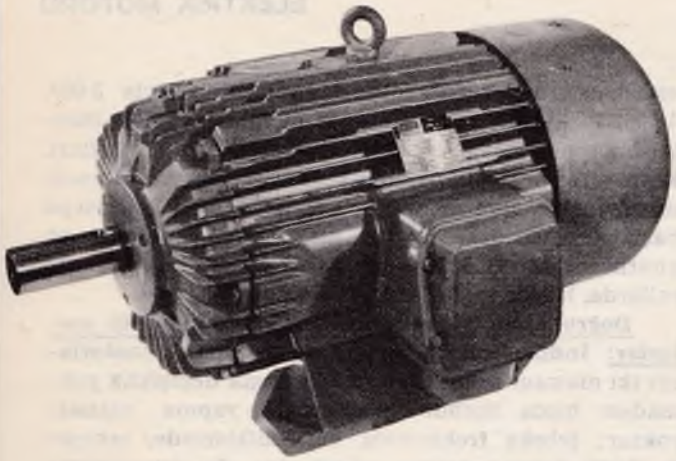
Ana bobinin 360°'de iki kutbu varsa, alan, alternatif akımın bir çevrimi için bir tur döner. Avrupa'da alternatif akımın frekansı saniyede 50 çevrimdir (50 hertz). Amerika'da ise 60 hertz'dir. Çift kutuplu bir motor 50 Hz'lik bir alternatif akıma bağlandığında, alan, saniyede 50, dakikada 3 000 devir yapar. Ana bobinlerde 4 kutup varsa, hız yarıya iner. Avrupa'da eşzamanlı motorların hızları saniyede sırayla 3 000, 1 500, 1 000, 750, 600, 500 devir biçiminde gider. Bunlara karşılık olan indüksiyon motorlarının hızları, kayma farkı yüzünden biraz daha azdır. Eşzamanlı motorun bir olumsuz yönü, kendi kendine çalışmaya başlayamamasıdır. Bu tip makinalar, jeneratör ve alternatör olarak kullanılır. Aşağı yukarı bütün santrallarda, bu tür motorlardan yararlanılır.

Doğru akım ve alternatif akım kollektörlü motorlar: İndüksiyon motorları ile eşzamanlı motorların iki olumsuz yönü vardır: Frekansta değişiklik yapmadan, hızda önemli bir değişiklik yapma olanağı yoktur; şebeke frekansıyla beslendiklerinde, saniyede 3 000 devirin üstüne çıkamazlar. Bu durumlarda kollektörlü motor kullanılır. Kollektörlü motor oldukça karmaşıktır. Ancak, doğru akımla çalışan türünün açıklaması kolaydır.

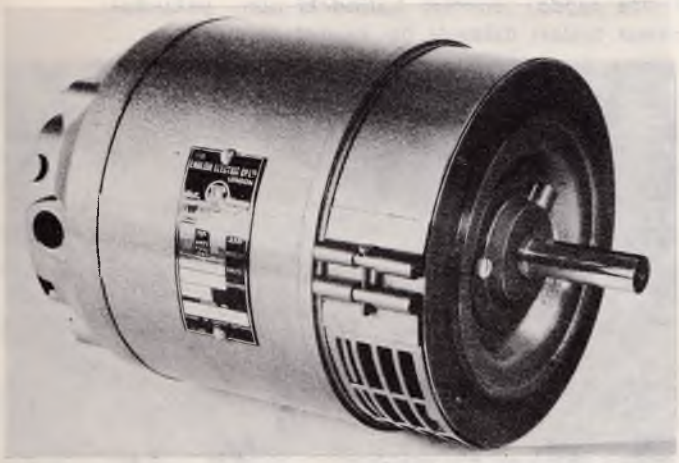
Doğru akım makinasında ana bölüm, doğru akımla beslenen bir mıknatıslar halkasından oluşur. Ro-

Doğrusal indüksiyon motoru, bir doğru üstünde açılmış dönel bir makinadır. Resimde, alan sarımları görülmektedir. (altta solda)

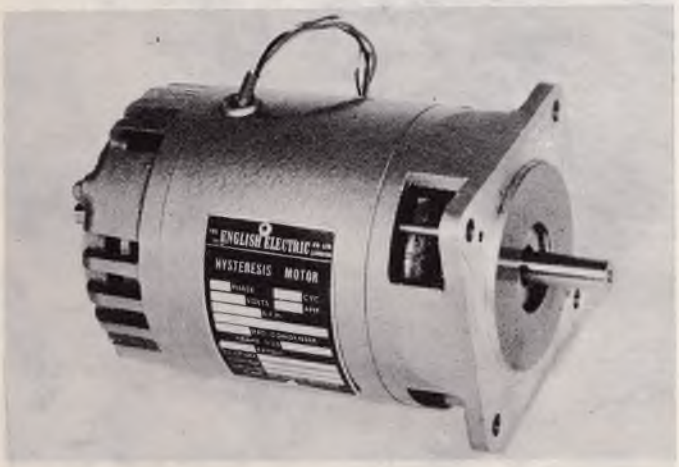
Doğrusal indüksiyon motorunda magnetik alanlar. (altta sağda) Hareket halindeki alan, yakındaki demir tozları üstünde bir kuvvet oluşturur.

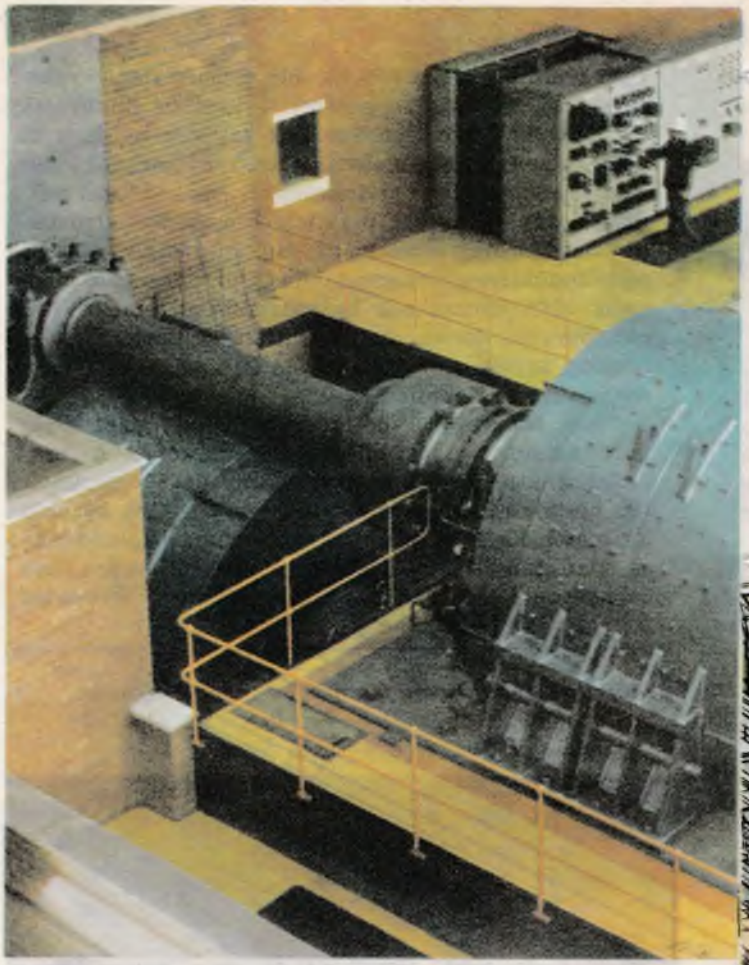


60 beygirgücünde bir indüksiyon motoru. (üstte) Bu dört kutuplu motor, yaklaşık 45 kW'lık güç tüketir. 87,5 amper ve 380 voltta, dakikada 1 475 devirlik bir hız yapar. Çapı 425 mm, boyu 926 mm'dir.
Magnetik dirençli eşzamanlı motor: (altta) 17,5 cm çapındaki bu motor, 1/4 beygirgücünü dakikada 1 425 devirle sağlar.



Kesiklik (histerezis) motoru. (altta) Bu küçük motorun çapı 11 cm kadardır. Dakikada 1 000 ve 3 000 devirlik iki çalışma hızı vardır. Bilgisayar teyplerinde kullanılır.

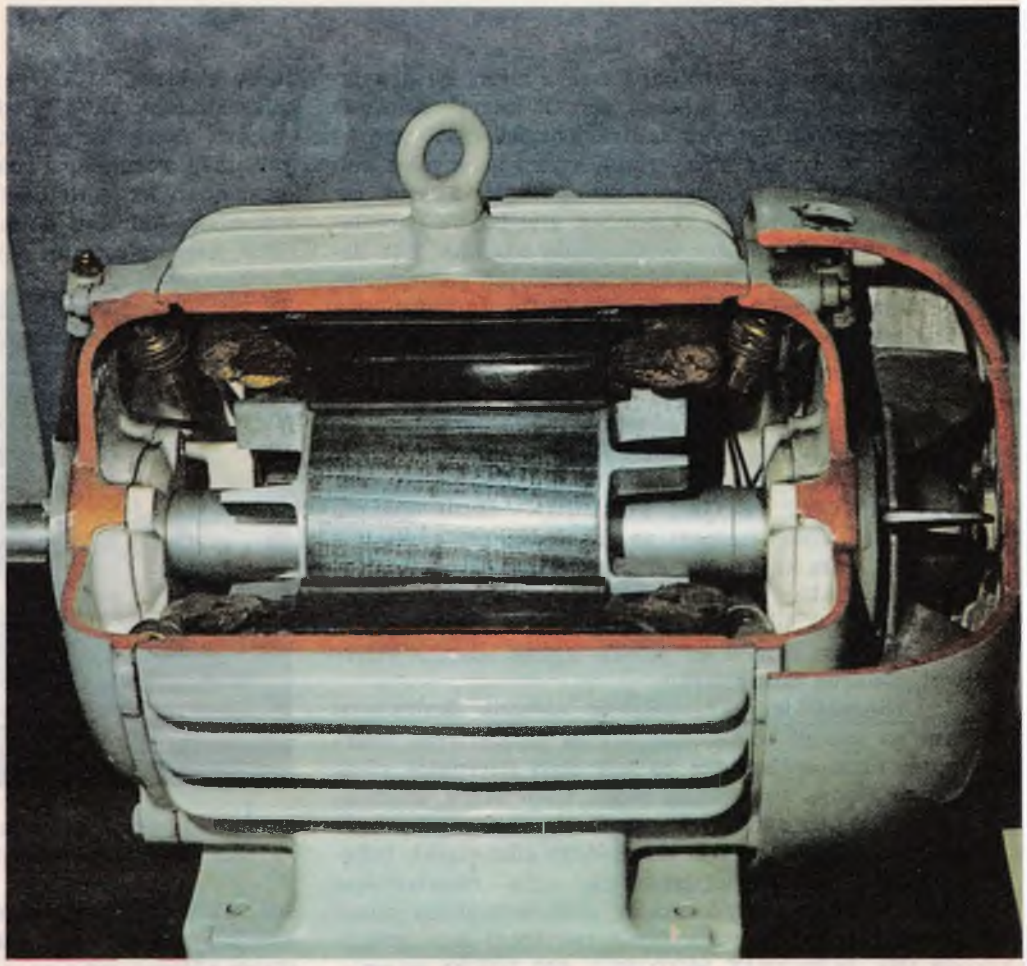




tor, indüksiyon motorundaki gibidir; ama bunda bobinler yalıtılmıştır (dolayısıyle daha pahalıdır). Her bobin, rotorun sonunda kollektöre bağlanmıştır. Bağlantı, kömür ya da ince bakır «fırçalarla» yapılmıştır. Bunlar, kollektör bölümüne bağlı iki parçaya dokunur. Böylece, uygun akım yalnızca uygun kutbun (kuzey ya da güney) karşısına geldiğinde etkili olur. «Uygun yön», oluşan kuvvetin bütün bobinler için aynı yönde olması demektir. Bu durum, tam hız ve yüklerde gerçekleşmelidir. Uçların toplandığı kollektör ve fırçalar, bunu sağlamak için otomatik anahtar görevi yaparlar.

Kollektör motorun, bir olumsuz yanı vardır: Kollektör ile fırçalar arasında oluşan kıvılcımlar, kollektörü aşındırır. Kıvılcım oluşmasa bile, fırçalar, kollektörü aşındırmaya yeterlidir ve bu tür makinalar, fırçasız olanlara göre daha çok bakım ister. Elektronik alanında, doğru akımla çalışan makinalar günden güne daha çok kullanılmaktadır. Ancak, evlerde kullanılan elektrik süpürgesi gibi aygıtlarda hâlâ, tek fazlı alternatif akım komütatör motorundan (doğru akımla da çalışır) yararlanılmaktadır.

Magnetik dirençli eşzamanlı motor: Magnetik dirençli eşzamanlı motor, eşzamanlı motorun içindeki magnetik rotorun çıkarılıp, yerine, verilen komuta göre birkaç konumda durabilen bir çelik parçasının yerleştirilmesinden oluşur. «İstenen» konumlardan biri, magnetik direncin («*relüktans*» da denir) en az



*The British Steel Corporation'ın bölümünün bir motor odası. (**üstte** solda) Resimde 3 430 kW gücünde, 1 120 V doğru akımla dakikada 40 ve 80 devirlik hızlarda ana motorlar görülmektedir.*

*3 fazlı sincap kafesli indüksiyon motorunun iç görünüşü. (**üstte** sağda)*

olmasıdır. İndüksiyon motoru, toplam elektrik gücü için en büyük kaynak sayılır; ama magnetik dirençli eşzamanlı motor, sayıca daha çok kullanılmaktadır. Normal kent elektriğine bağlı elektrikli saatlerin tümü, bu tür motorlarla işler. Ancak, yardımcı yol verme mekanizmaları da, saat motorlarına eklenir.

Kesiklik (histerezis) motoru: Kesiklik motoru, yalın bir saat motorundan daha yalındır. Çünkü rotor, düzgün bir silindir olabilir. Rotor yapımında kullanılan çelik, sürekli mıknatıslı kalabilecek türdendir. Böylece, herhangi bir kayma olduğunda, o nokta mıknatıslı olarak kalır ve gittikçe hızlanarak, dönen alana kilitlenir. Ne var ki, magnetik dirençli eşzamanlı motorda olduğu gibi, eşzamanlılık konusunda güvence verilemez.

ELEKTRİK PİLİ Bk. PİL (ELEKTRİK)

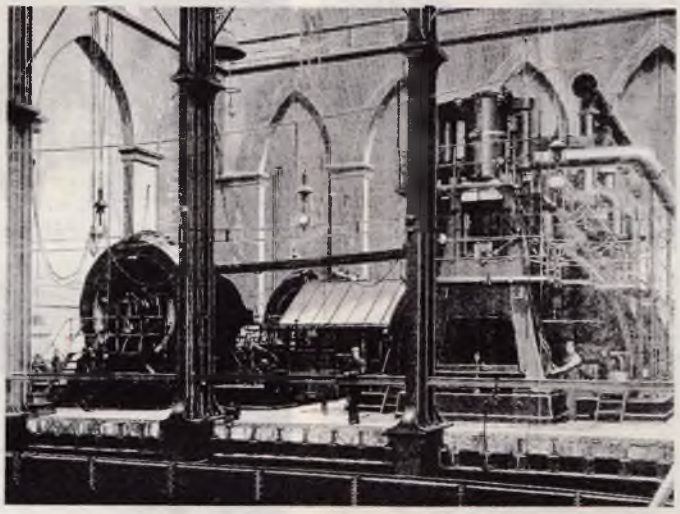
ELEKTRİK SANTRALI

İlk elektrik santralı ve ilkel dağıtım şebekeleri, 1880'lerde ışıklandırma için kuruldu. JENERATÖR'ler BUHAR MAKİNALARI'ndan kayışlar aracılığıyla güç alıyordu. Gerilim, doğru akımın ya da alternatif akımın değişik frekanslarında üretiliyordu. Elektrik santrallarında en önemli ilerleme, 1884'te PARSONS'un BUHAR TÜRBİNİ'ni geliştirmesiyle ortaya çıktı. Türbinler, hemen buhar makinalarının yerini aldı ve hızla gelişti. 1889'da Sebastian de Ferranti tarafından kurulan Deptford Santralı, 1 650 beygirgücündeydi, yani 1,23 MW (milyon watt) gücünde dört ALTERNATÖR'ü vardı. Londra'ya bağlı 10 kV'luk (10 000 volt) yüksek gerilim kablosu dikkate değerdi. Türbinlerin kazan sisteminde, elle ateşleme sisteminden, otomatik besleme ve denetime geçildi. Günümüzde buhar üreteci olarak, kazanların yerini, NÜKLEER REAKTÖR'ler almıştır.

Elektrik şebekesi, gereksinimi her an karşılayacak biçimde çalışmalıdır. Elektrik depolanamayacağından, santralın üretimi, günlük gereksinime göre değiştirilebilmelidir. Santralların çalışma sırası, işletme masraflarına göre ayarlanır. En ucuz santrallar, *ana yükü* kaldırmak için sürekli çalıştırılır. Ana yük, en düşük yüktür. *En üst yük* ise, gereksinimin doruk noktasına ulaştığı andaki yüktür. Yük arttıkça, önce ekonomik olanlar, yük en üst düzeye çıktığın-

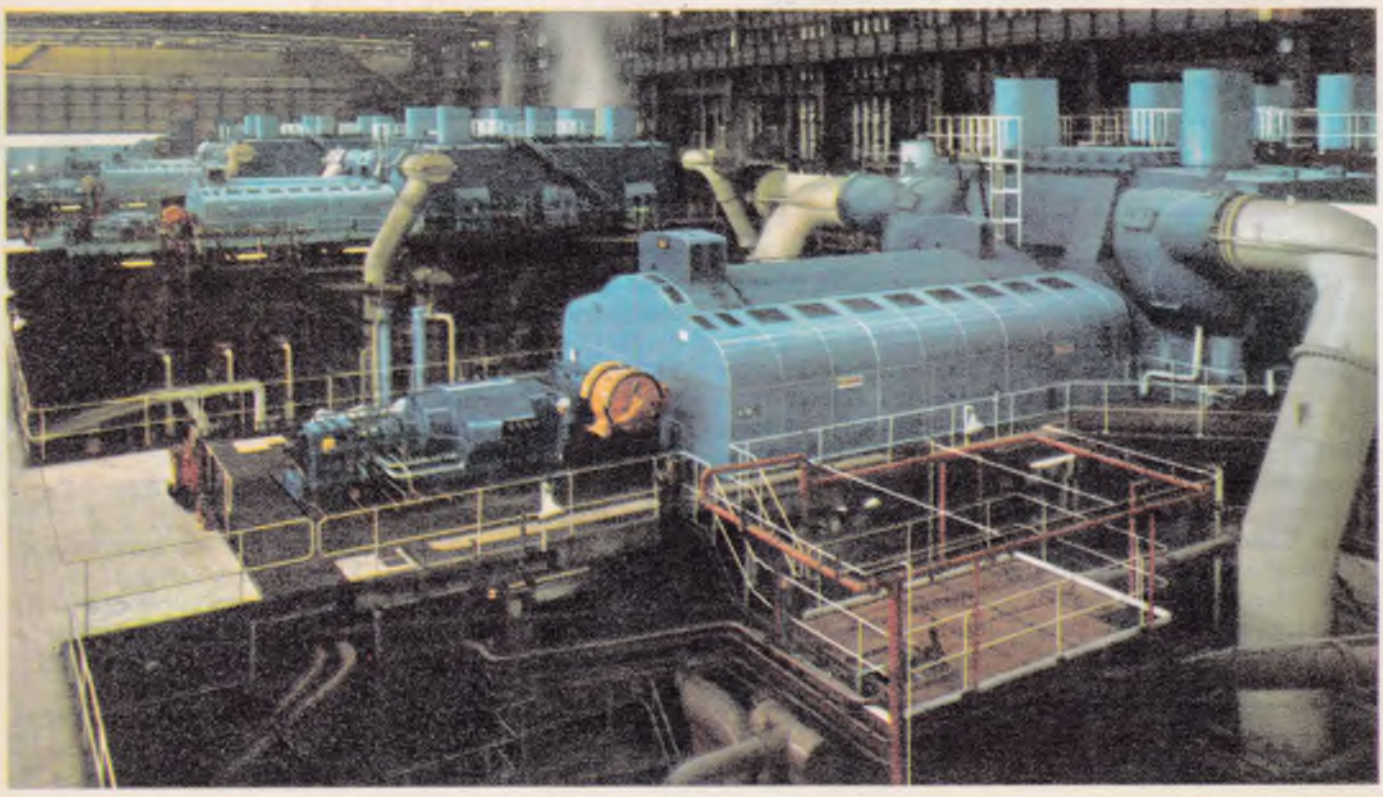
da da en pahalı santrallar devreye girer. Bu uygulama, iki değişik tip santralı gerekli kılar: Ana yük santralları: en üst yük santralları. 500-1 300 MW'lık modern santrallar, çok verimli, ayrıca ucuz yakıt kullandıklarından, son derece ekonomiktir. Yüksek verimleri, türbin rotoru ve gövdesi gibi büyük parçaların toleranslarının dar tutulmasına bağlıdır. Yük değişimi sonucu, yükselen sıcaklıkla oluşan genleşmeler, bırakılan toleranslarla karşılanır. Bu tür türbinler, *ana yük üretimi* için kullanılır. En üst yük santrallarıysa daha küçük, daha az verimli, ama daha esnektir. En üst yük santralları, ana yük santrallarının tersine, ucuza yapılır, kolayca çalıştırılır; buna karşılık, çalıştırılmaları pahalı olur. En üst yük aygıtlarına gösterilebilecek en iyi örnek, gaz türbinleridir (Bk. JET MOTORU VE GAZ TÜRBİNİ). Hafif alaşımlı gövdeleri, hızla ısınmayı ve çalışmaya başladıktan 3 dakika sonra tam yüke erişmeyi olanaklı kılar. Hidrolik santrallar, sularının miktarına ve tiplerine göre iki türe ayrılır: Ana yük santralı; en üst yük santralı. Bunlar, yapımı en pahalı, ancak işletme giderleri en düşük santrallardır.

Alternatörler: Alternatörler, elektrik santrallarının en önemli bölümüdür. Bütün santrallarda alternatör bulunur. Eskiden 60 MW olan alternatör gücü, İkinci Dünya savaşından sonra 1 300 MW'a ulaşmıştır. Alternatif akım frekansı, 50 Hz (ülkemizde olduğu gibi) ve 60 Hz (A.B.D'nde olduğu gibi) olarak belirlenmiştir. Bu frekanslar, iki kutuplu rotorlar için 3 000 - 3 600 devir/dakikalık, dört kutuplular içinse bunun yarısı kadar *eşzamanlı* (senkron) *hız* gerektirir (Bk. ELEKTRİK MOTORU). 660 MW'lık alternatörde elektrik, 22 kV ve 19 000 amperde üretilir. Bu yükseklikteki akım, iletkenlerde ısı ortaya çıkarır. Ancak, alternatör soğutma sisteminin gelişmesiyle, yalıtımda bozulmaya yolaçmadan ve yüksek sıcaklık oluşmadan akım iletilebilmektedir. Alternatörlere sıkıştırılmış hidrojen doldurulur. Hidrojen, hem iyi ısı iletir, hem de rotorun dönüşüne havadan daha az di-



1889'da Güney Londra'da Ferranti tarafından kurulan Deptford santralının içi. (üstte)

500 MW'lık türbo-jeneratör birimler içeren ve kömürle çalışan 2 000 MW'lık elektrik santralının türbin bölümü. (altta)



renç gösterir. Statorlar suyla soğutulur. Yalıtılmış borulardan geçirilen suyla soğutulan rotorlar ise, daha büyük sistemlerde kullanılır.

Alternatör, iki TRANSFORMATÖR'e bağlıdır. *Ünite transformatörü,* gücü, türbin ve kazanla ilgili yardımcı donanıma (pompalar gibi) alçak gerilime çevirerek verir. *Jeneratör transformatörü,* geri kalan gücü kullanım merkezlerine gönderir. 660 MW'lık bir jeneratör, 22 kV'lık gerilim üretir. Çıkış ise *ünite transformatöründe* 11 kV, *jeneratör transformatöründe* 400 kV'tur. 60 MW'lık bir sistemde jeneratör gerilimi, 11 kV; ünite ve jeneratör transformatörleri gerilimi de sırasıyla 6,6 kV ve 132 kV'tur.

Kömür, petrol ve doğal gaz: Kömür, petrol ve doğal gazla çalışan santrallar, yakıta ilişkin işlemlerin dışında, birbirine benzer. Suyu, buhara dönüştürmek için, gerekli *gizli ısıyı* vermek gerekir. Gizli ısı, bir sıvının halini değiştirmek (örneğin sıvıdan gaza) için gereklidir ve yararlı bir iş üretmez. Türbindeki su buharı yoğuşunca, gizli ısı, soğutma suyuna geçer. Enerji çevrimindeki bu ana yitim % 35-40 dolayındadır.

Kızgın buhar, bir kazanda oluşturulur ve alternatöre bağlı türbine verilir. Su buharı, türbinden alçak basınçta çıkar, yoğuşturulur ve kazana basınç altında geri döner. Kızgın buharın sıcaklığı ve basıncı gereçlerin dayanabileceği en yüksek değerlerde tutularak, verim artırılır (Bk. ISI MAKİNASI). 660 MW'lık kazanlarda ostenit çeliğiyle (% 18 manganez, % 3 krom, % 0,5 karbon içeren) yapılan aşırı ısıtıcılar, 165 bar ve 566°C'ta kızgın su buharı oluştururlar. Santral kazanları oldukça büyüktür (sözgelimi, 18,3 m genişlik, 40 m derinlik ve 61 m yükseklik gibi). Su, kazanın duvarlarına yerleştirilmiş borulardan geçer.

Su, önce *ön ısıtma* bölümüne girer. Orada, kaynamaya kadar olan ısınma gerçekleşir. Ardından, kazanın üstündeki bir depoya girer ve oradan su *buharlaştırma* bölümünü dolaşıp, yeniden depoya döner. Depoda suyun % 20'si buharlaşır. Su buharı, kazanın üstündeki borularla depodan ayrılır. Kazanın en sıcak yerine yerleştirilen aşırı ısıtıcılar, son ısınmayı sağlar.

Türbin üç bölümlüdür: Yüksek basınç bölümü; orta basınç bölümü; alçak basınç bölümü (bir ya da birkaç tane). Her bölüm, belirlenen koşullarda, su buharından en uygun gücü çekmek için yapılmış bir türbindir. Yüksek basınç bölümünden çıkan su buharı, ilk sıcaklığına ısıtılmak için yeniden kazana gider. Bu yolla, gizli ısıya gerek kalmadan sisteme daha çok enerji verilmiş olur ve verim artar. Buhar, ısıtıcıdan orta basınç bölümüne, oradan da hemen, alçak basınç bölümüne geçer. Daha sonra, yaklaşık olarak vakumda çalışan yoğuşturucuya gelir. Alçak basınçta yüksek verim sağlanır. *Yoğuşmuş buhar, ısıtıcılar* aracılığıyla hava ayırıcılardan (kazanda korozyonu önlemek için, suyun varsa havası alınır) geçiri-

Soğutma suyuyla yitirilen ısı, kulelerin içinden geçen suyun oluşturduğu su buharı bulutlarında açıkça görülmektedir. (üstte)

Resimdeki kovalı vinç (sağda), bir santralın yakınındaki kömür deposunda kullanılmaktadır. Bu vinçle saatte 3 000 ton kömür yüklenebilir.

lir. Daha sonra su, kazan pompasına verilerek kazan basıncına yükseltilir. Yoğuşmuş suyun bir bölümünün (blöf suyu) arılığı denetlenir ve istenen nitelikte suyun sağlanması için, kimyasal işlemlerden geçirilir. Böylece, kazanda korozyon azaltılır.

Çevrimin verimi, besleme suyu ısıtıcılarıyla ve hava ısıtıcılarıyla artırılır. Besleme suyu ısıtıcıları, türbindeki ısı fazlasıyla beslenir ve yoğuşmuş suyu kazana girmeden ısıtırlar. Böylece, buharın gizli ısısı yitmemiş olur. Hava ısıtıcıları da, kazanın çıkışına, bacanın girişine bağlanır ve boruyla gelen hava ısıtılır.

Yakıt, belli ölçüde havayla yakılarak, en çok yanma ve en az hava kirlenmesi sağlanır. Petrol ve doğal gaz, kolayca yanan ürünlerdir. Kömür ise, yakılmadan önce, «*toz haline getirilmiş* (pülverize) *yakıt*» adı verilen duruma getirilir. Kömür yanınca, çok ince bir kül oluşturur. Çevre kirlenmesine yolaçmaması için, bu kül, elektrostatik çökelticilerle toplanır (Bk. SÜZME VE AYIRMA) ve hafif inşaat malzemesi yapımından, toprakların tarıma elverişli hale getirilmesine kadar birçok alanda kullanılır.

Kömürle çalışan 2 000 MW'lık bir santral, yılda 4 milyon ton kömür yakar. Kömür, ocaktan doğrudan doğruya santrala getirilir ve otomatik sistemlerle boşaltılır. Petrolle çalışan eşdeğer bir santralın tükettiği yıllık yakıt ortalaması 2,5 milyon ton petroldür. Bu santralların petrol rafinerilerinin yakınında kurulması, yakıtın boru hatlarıyla kolayca iletilmesini sağlar.

Yoğuşturucudaki soğutma suyu, binlerce boru içinden geçirilir. Suyun, kapalı borular içinden geçirilmesi, buharda ortaya çıkabilecek herhangi bir kirlenmeyi önler. Yoğuşturucudan geçen su, üretilen ısının aşağı yukarı tümünü alır. Soğutma suyunun sıcaklığı, yoğuşturucuda 8-10°C kadar yükselir. Soğutma suyu, deniz gibi büyük bir kaynaktan alınıyorsa, doğrudan kaynağa geri verilir. Böyle bir kaynak yoksa, soğutma kuleleri kullanılır.

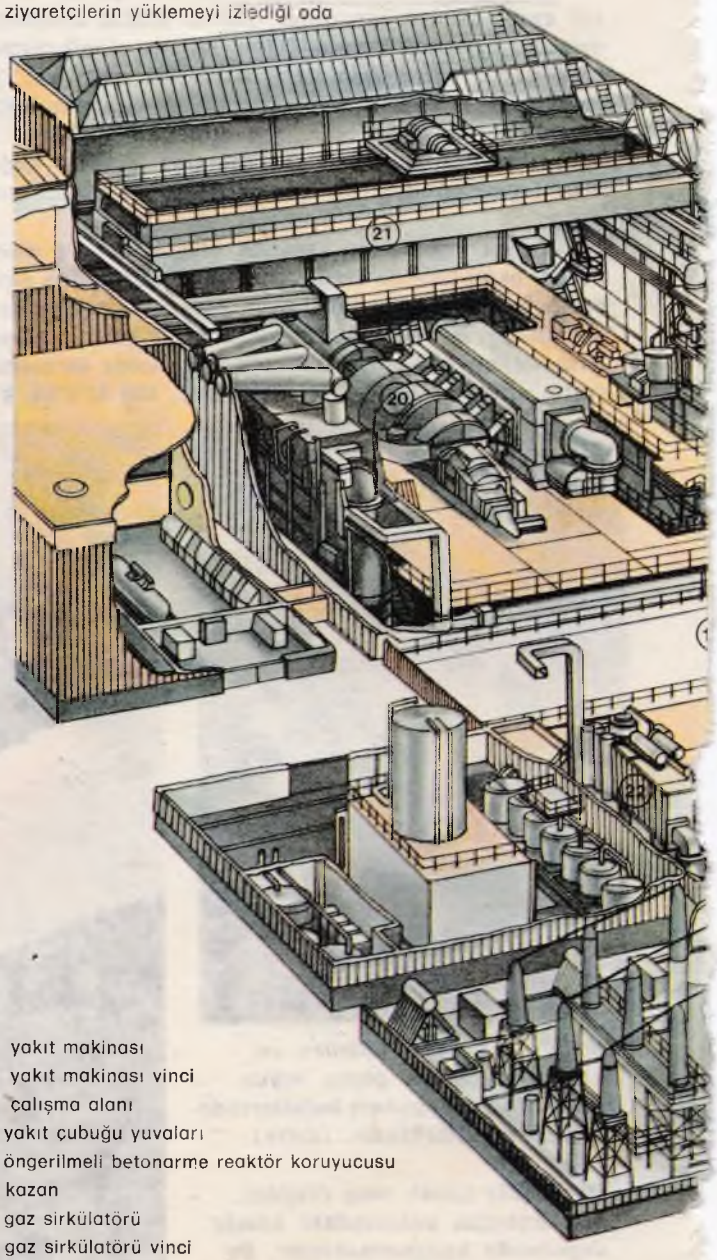
Nükleer santrallar: Nükleer santrallarda buhar, nükleer tepkimelerden çıkan ısıyla oluşturulur. Buhar, tıpkı santrallarda olduğu gibi, türbinden ve yoğuşturucudan geçer. Ne var ki, nükleer reaktörlerin bakımı, RADYOAKTİFLİK nedeniyle daha karmaşıktır. Bu yüzden, kazan korozyonunu en aza indirmek ve suyun niteliğini denetlemek, daha büyük önem kazanır.

İki tür reaktör vardır: *Gazla soğuyan*; *suyla soğuyan*. Gazla soğuyan reaktörler, *Magnox* reaktörlerini, *gaz soğutmalı reaktörleri* ve *yüksek sıcaklık* reaktörlerini kapsar (Bk. NÜKLEER REAKTÖR). Gazla soğuyan reaktörler ve yüksek sıcaklık reaktörleri, çağdaş türbinler için uygun sıcaklıkta buhar üretir ve yüksek çevrim verimleri sağlar.

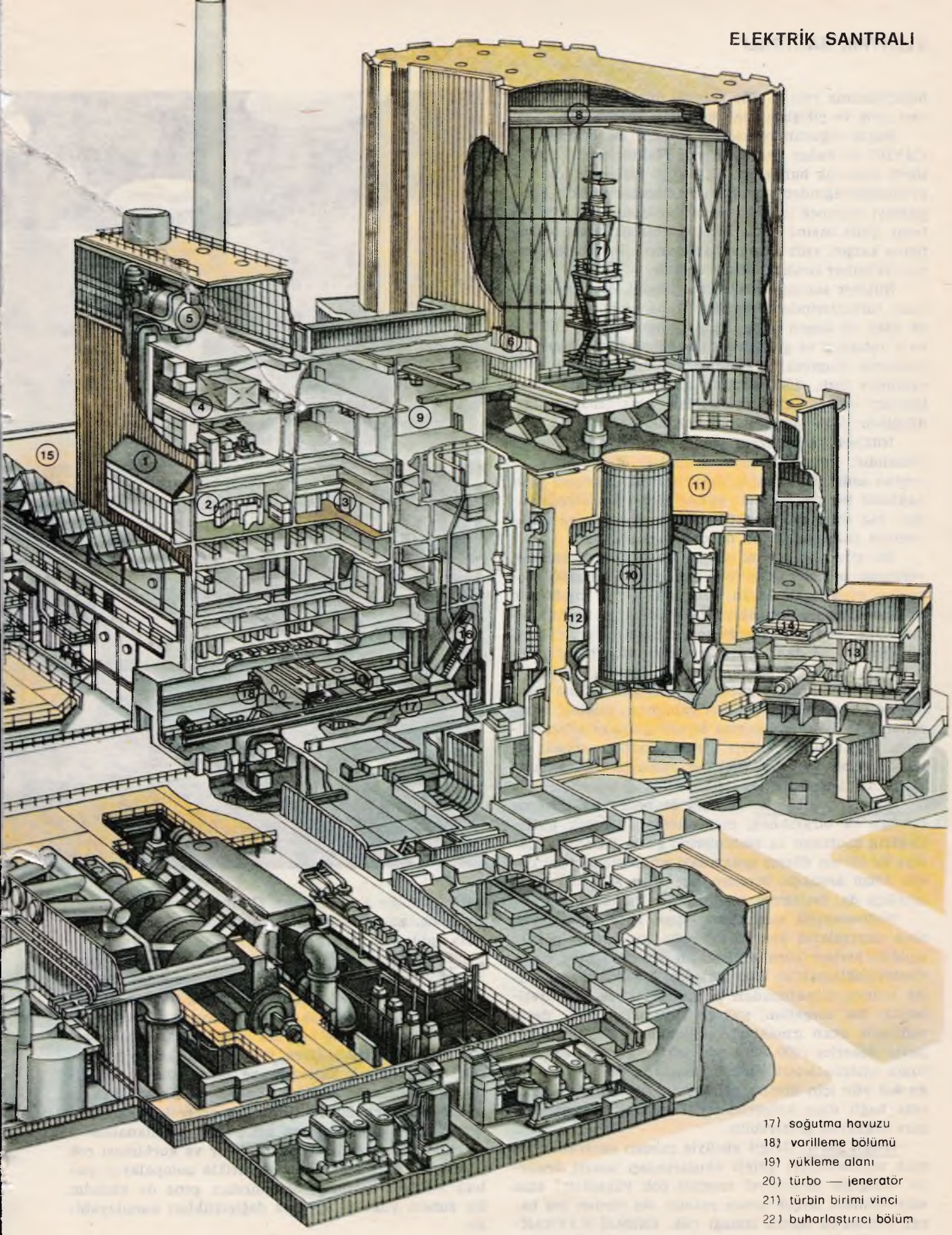
Reaktör çekirdeği ve kazanlar, öngerilimli betondan bir bölüme yerleştirilir. Nükleer tepkime sırasında oluşan ısı, sıkıştırılmış gazla soğutulur; sonra bu gaz, kazanlara pompalanır. Kazanlar üç bölümlüdür: Ön ısıtıcı; buharlaştırıcı; aşırı ısıtıcı. Yalnız, sıradan kazanların tersine, bunlar, bir borunun değişik

Gaz soğutmalı nükleer santralın kesit görünüşü. Kullanılan yakıt, paslanmaz çelik içinde saklanan uranyum dioksittir. İki reaktörde de 170 tonun üstünde yakıt vardır. Reaktörler, grafit blokları yöneten makinalarla denetlenir. Soğutucu gaz, 33,7 bar basınçta karbon dioksittir. Soğutucu gazın çıkış sıcaklığı ise, 675°C'tır. Santralda iki tane, 660 MW'lık türbo-jeneratör vardır.

1) ziyaretçiler için izleme balkonu
2) ana denetim odası
3) bilgi işlem odası
4) depo katı, ısıtma ve havalandırma bölümleri
5) hava boşaltıcı
6) ziyaretçilerin yüklemeyi izlediği oda



7) yakıt makinası
8) yakıt makinası vinci
9) çalışma alanı
10) yakıt çubuğu yuvaları
11) öngerilmeli betonarme reaktör koruyucusu
12) kazan
13) gaz sirkülatörü
14) gaz sirkülatörü vinci
15) malzeme odası
16) yakıt artıkları boşaltma oluğu



17) soğutma havuzu
18) varilleme bölümü
19) yükleme alanı
20) türbo — jeneratör
21) türbin birimi vinci
22) buharlaştırıcı bölüm

bölümlerinde yeralır. Söz konusu düzenleme, reaktörden giriş ve çıkışları azaltmak için yapılmıştır.

Suyla soğuyan reaktörler, *kaynar su*, *basınçlı su*, *CANDU* ve *buhar üreten ağırsu* reaktörleridir. Reaktörde oluşacak buhar çok NÖTRON soğurup tepkimeyi söndüreceğinden, suyun kaynamaması gerekir. Kaynamayı önlemek için, su belirli bir basınç altında tutulur. Çelik basınç odası, 30 santimetrelik duvar kalınlığına karşın, aşırı basınca dayanamaz. Bu yüzden, basınç ve buhar sıcaklığı düşük tutulur.

Nükleer santrallarda türbin biçimi, öteki santralların türbinlerinden farklıdır. Daha büyük hacimlerde daha az kızgın buhar kullanıldığından, bu türbinlerin rotorları ve gövdeleri daha büyüktür. Dönen bölümlerde oluşacak yüksek gerilimlerden ötürü, yarı eşzaman hızlı, dört kutuplu alternatörler kullanılır. Çevrim verimi, gazla soğutulan reaktörlerinkinden düşüktür; ama yapımı daha ucuzdur.

Nükleer santralların yapımı, öteki santrallardan pahalıdır; ama işletme harcamaları ötekilerin yarısından azdır. Bu kazanç, yakıt harcamalarından kaynaklanır. Bir ton Magnox yakıtı, 15 000 ton kömür kadar, gaz soğutmalı reaktörlerin ve basınçlı su reaktörlerin yakıtıysa, daha da çok enerji sağlar.

Bir güvenlik önlemi olarak, ilk nükleer santrallar, yerleşme bölgelerinden oldukça uzağa kuruldu. Soğutma suyu sağlamanın kolaylığı, deniz kıyılarının yeğlenmesine neden oluyordu. Santralın uzakta olması yakıtın taşınmasında sorun yaratmıyordu; çünkü, 660 MW'lık gaz soğutmalı bir reaktörün bir kamyonluk yakıtı, 750 kömür treninin yerini tutuyordu. Ancak, teknolojinin ilerlemesi, özellikle basınç odalarının öngerilmeli betondan yapılması, nükleer santralları ıssız bölgelere kurma zorunluğunu ortadan kaldırdı. Günümüzde enerji gereksiniminin yüksek olduğu yerlere kurulan nükleer santrallar, ana yükü sağlarlar; ama istenirse, yüksek yük de verebilirler.

Hidroelektrik güç: Barajlarda belirli bir düzeyde tutulan su bırakılınca, menfezlerden geçerek hidroelektrik santralın su türbinlerine gelir. Barajdaki düzeyi ile türbin düzeyi arasındaki yükseklığe, *düşü* denir. Düşü arttıkça, üretilen güç; barajda biriken su arttıkça da, üretilecek toplam enerji artar.

Hidroelektrik santralları, eğimi ya da düşüsü iyi olan akarsuların kenarına ya da ırmakların göllere açıldığı yerlere kurulur. Barajın amacı, suyun birikmesini sağlamaktır. Bazı yerlerde, büyük bir alan sular altında bırakılmadan da hidroelektrik güç üretilebilir. Bu, sözgelimi, yüksek kayalarla çevrili derin vadilerde akan ırmaklarla sağlanabilir. Su türbinleri yavaş dönerler (100-300 devir/dakika gibi) ve çok kutuplu alternatörleri vardır. Hem ana yük için, hem en üst yük için üretim yapılabilir. Üretimi su miktarına bağlı olan hidroelektrik santrallar, mevsimlere göre değişiklik gösterebilir.

Gelgit gücü: Gelgit gücüyle çalışan santrallar, ırmak ağızlarındaki gelgit akışlarından enerji üretirler. Gelgitin potansiyel enerjisi çok yüksektir; ama elde edilmesi birçok sorun yaratır. Bu türden tek baraj, Fransa'da Rance ırmağı (Bk. ENERJİ KAYNAKLARI) üstüne kurulmuştur. Dünyanın başka bölgelerinde de, gelgit santralı kurulmasına elverişli koşulların bulunduğu yerler vardır.

Pompayla depolama: Pompayla depolanmış güçle çalışan santrallar, enerji depolanmasının başlıca örnekleridir. Bunlar, dağlık alanlarda, değişik düzeydeki iki gölün, kanallarla bağlanmasıyla oluşur. Su türbini ve jeneratör bölümü, normal şaftlarla pompalara bağlanmıştır. Gece, sistem yükü azken jeneratör, motor olarak kullanılır ve aşağı gölden yukarıya su pompalanır. Böylece gündüz, daha pahalı santrallar çalışırken, suyun türbinden geçerek yukarı gölden aşağıya akmasıyla en üst yükler karşılanabilir.

Sistemin verimi ancak % 70'tir ve kurulması çok pahalıdır; ama suyu ucuz elektrikle pompalayıp, pahalı elektrik üretmesi bakımından gene de kârlıdır. Bu sistem yükteki apansız değişiklikleri karşılayabilir.

Tasmanya'daki Tarraleah hidroelektrik santralı. (üstte) Su, 6 boruyla santralın arkasındaki tepelerden getirilip, ana yapıdaki jeneratör birimlerinden geçirilir. Tasmanya'nın nüfusu, Avustralya'ninkinin % 4'ünden azdır, ama elektrik üretimi, Avustralya'nın toplam elektrik üretiminin % 10'undan çoktur. Üretilen elektriğin çoğu, çinko ve alüminyumun eritilmesinde kullanılır. Kömürle çalışan büyük bir santralın denetim odası. (solda)

Gaz türbinleri: Gaz türbinli jeneratörler, 2 MW'tan 70-80 MW'a hattâ 175 MW'a kadar değişir. Bunlarda endüstri amaçlı gaz türbinleri ya da uyarlanan uçak motorları kullanılır. Gaz türbininin ilkesi şudur: Hava içeri girer ve sıkıştırılıp *yanma odasına* geçer. Orada yakıt püskürtülür ve yanma oluşur. Yanma gazları, kompresöre bağlı *türbinden* geçer. Alternatöre giriş, ya bir dişli kutusu aracılığıyla doğrudan ya da alternatöre bağlı ikinci bir türbinin döndürülmesiyle yapılır. Bu tür düzenlemeler, türbin alternatörden daha hızlı döndüğü için gereklidir. Uçak motorlarının endüstri tipine döndürülmüş türleri gazyağı, neft ya da doğal gaz gibi endüstri yakıtları yakarlar; ayrıca, deniz düzeyinde uzun süre çalışacak bakım gerektirmeyecek biçimdedirler. Güçleri değişir: Sözgelimi Avon türbinininki 12 MW, Olympus türbinininki 17 MW'tır. Birkaç motorun, bir jeneratörü beslemesiyle, 70 MW'a kadar güç sağlanabilir. Endüstri gaz türbinleri, küçük buhar türbinlerine göre daha kaba yapıdadırlar. 900° - 1 100°C'ta çalışan uçak motorlarına göre daha düşük sıcaklıklarda (600-800°C gibi), sürekli olarak 80 000 saat çalışabilirler.

Gaz türbinli jeneratörler % 20-26 kadar verim sağlar. İşletme giderleri yüksektir. Ama yapımları çok ucuzdur ve çabuk yüklenmeleri dolayısıyle, en üst yükler için kullanılabilirler. Yıllık yük faktörleri (ortalama yükün en üst yüke oranı) % 10'dur. Gaz türbininde işi gören akışkan havadır. Türbin, yanma için gerekenin beş katı kadar hava alıp, dışarı % 80 hava verir. Ana yitimler, egzoz gazlarının yüksek sıcaklıkta olmasından doğar. Bu yitimler, *birleşik çevrim* santrallarıyla önlenir.

Birleşik çevrim: Birleşik çevrim santrallarında, dışarı egzoz gazı içinde yitip giden ısı, «*artık ısı kazanı*»nda toplanır ve buhar oluşturularak, bir buhar türbini çalıştırılır. Bu gazlardaki hava yüksek olduğundan, petrol bu kazanda daha iyi yanar. Böylece sistemin verimi artar. Bu tür sistemlerde, gücü gaz türbininin 3-4 katı olan kazanlar kullanılır ve toplam verim, % 35-40'a yükseltilir. Sistem, gaz türbininden daha yüksek yük esnekliği, buhar türbininden ise, esnekliği daha az, ama verimi daha çok olan bir üretim sağlar. Gaz türbininin sürekli çalışması düşünülüyorsa ve ucuz yakıt bulmak olanaklıysa, küçük bir sistemde, ana yük üretimi için de kullanılabilir.

ELEKTRİK SAYACI

XIX. yüzyılın sonlarında, elektrik aygıtlarının çoğu doğru akımla (DC) çalıştığından, söz konusu dönemde doğru akım sayaçları kullanılmaktaydı. Ferranti, cıvalı amper-saat sayacının yapımına öncülük etti. Bir süre sonra da Hookham, gerçek bir watt-saat sayacı geliştirdi. Thompson'un komütatörlü sayacı, Wright'ın elektrolizli sayacı ve Aron'un sayacı çeşitli alanlarda kullanılmaya başlandı.

Amper-saat sayaçlarının çalışma ilkesi, çekilen akım niceliğine dayanır. Amper-saat sayaçlar, watt ya da kilowatt-saati göstermek için, çok düşük bir gerilim kullanırlar. Bu tür sayaçlar, alternatif akım kullanımının yaygınlaşmasından sonra ortadan kalkmıştır.

Tek fazlı alternatif akım sayaçları: Yalın bir alternatif akım watt-saat sayacı, yatay bir alüminyum disk ile bunun altına ve üstüne yerleştirilmiş elektromagnetik bobinden oluşur. Hareketi sağlayan döndürme momenti, indüklenen diskteki FOUCAULT AKIMLARI'nın, bobinlerden çıkan akıyla etkileşmesi sonucu ortaya çıkar. Bobinler, akının zaman ve yer bakımından birbirine göre sürekli yer değiştireceği biçimde düzenlenmiştir. Dönen diskin hızı, sayaçtan geçen akım niceliğiyle orantılıdır. Bu dönme hareketi, bir dişli yoluyla kadrana iletilir.

Tek fazlı yalın bir alternatif akım sayacında, üstteki bobinin yarattığı akı, uygulanan potansiyel farkıyla, alttakininki ise, yüklenen akım niceliğiyle oran-

tılıdır. Diske etkiyen döndürme momenti, gerilimin, akımın ve *güç faktörü*nün çarpımına eşittir. Güç faktörü, akım değişikliklerinin, gerilim değişikliklerinden geri kalma ya da önde gitme niceliğini gösterir. Bu fark bütünüyle, çekilen akımın özelliğine bağlıdır ve 0° ile 90° arasında değişebilir. İndüktif yüklerin güç faktöründe gerilim değişikliği, akım değişikliğinin *gerisinde* kalır; kapasitif yüklerde ise *önünden* gider.

Diske etkiyen döndürme momentini, uygun dönme hızı sağlayabilecek duruma getirmek için, bir magnetik fren kullanılır. Bu mıknatısın oluşturduğu foucault akımları, hızı ayarlar; çünkü Lenz yasasına göre, oluşan akı, dönme yönüne karşıt yöndedir. Fren mıknatısının konumu değiştirilerek, diskin tam yük altındaki dönme hızı ayarlanabilir. Ayrıca sayaçlarda, çeşitli araçlar kullanılarak, ölçme duyarlığı % 2 oranında tutulabilir.

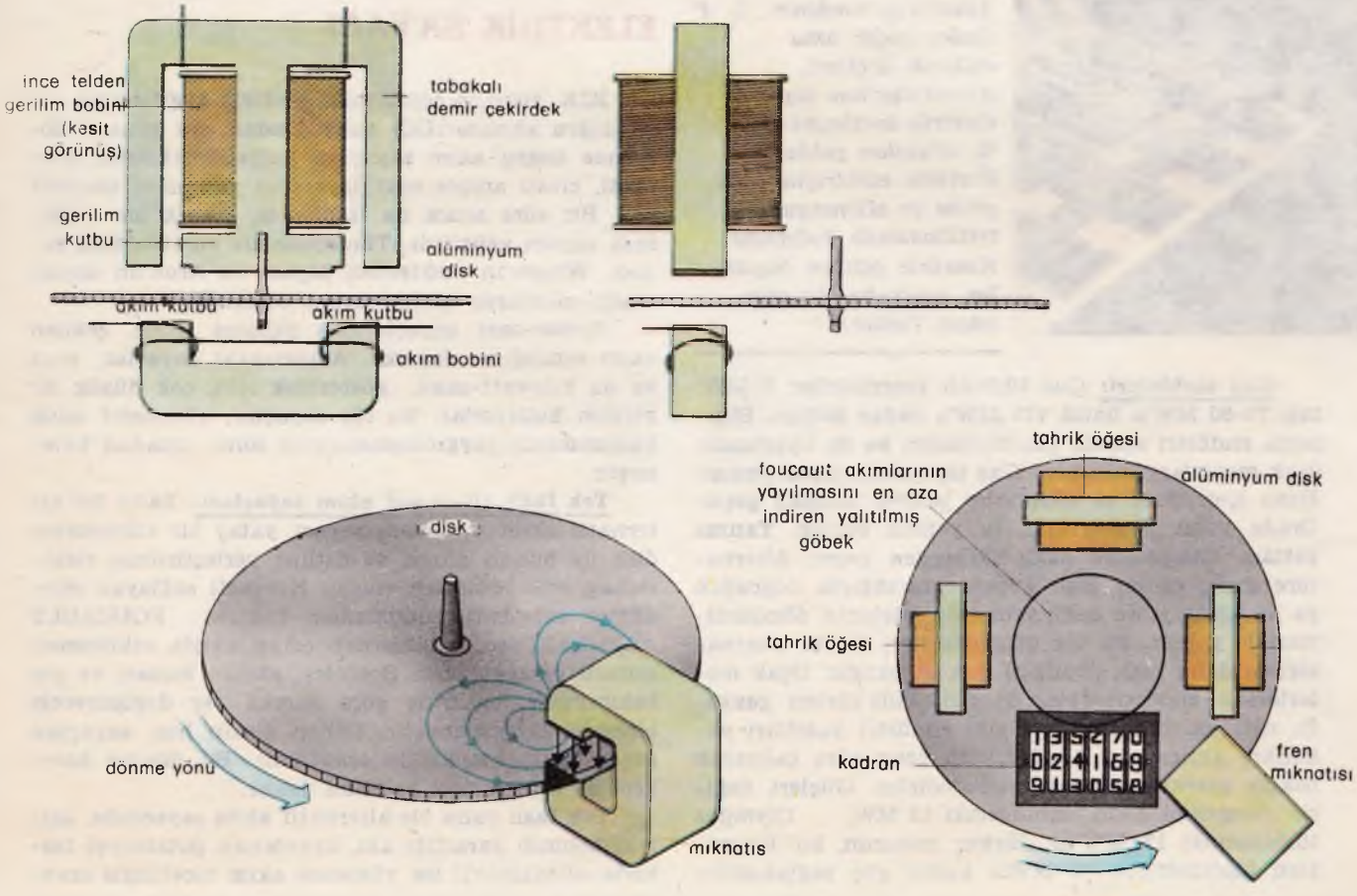
Çokfazlı kWh sayaçları: Endüstride ya 3 fazlı 3'lü bağlantı ya da 3 fazlı 4'lü bağlantı kullanılır. Böyle bir donanımdan geçen akı, *çokfazlı* kWh (kilowatt-saat) sayaçlarıyla ölçülür. Çokfazlı sayaçlarda iki tahrik öğesi (3'lü bağlantı) ya da üç tahrik öğesi (4'lü bağlantı), ortak bir eksene tutturulmuş farklı diskleri döndürür. Bazı düzenlemelerdeyse, tahrik öğelerinin tümü aynı disk üstüne takılabilir.

kVAh sayaçları: Kilovoltamper-saat (kVAh) sayaçları, yükten, yani güç faktöründen bağımsız çalışır. Kullanılan bu yöntemde, iki tane çokfazlı sayaçtan yararlanılır. Sayaçlardan biri çaprazlanır ve devredeki yükün etkin olmayan, yani güçsüz bileşenini ölçer. İki sayaç, mekanik olarak bir DİFERANSİYEL sistemiyle birbirine bağlanır ve böylece gerçek kVAh ölçülebilir. Başka bir yöntemdeyse, alternatif gerilim ve akım nicelikleri, eşdeğer doğru gerilim ve akımlara çevrilir. Sayma işleminin sonuçları, gene alternatif akım cinsinden değerlere çevrilerek verilir.

Endüstri elektriği gereksinimlerinin söz konusu olduğu yerlerde, kVAh'lar önem taşır; çünkü yalın kilowatt-saat sayacında birden küçük bir katsayı olan güç faktöründen kaynaklanan tepkin bileşen kayıt edilemez; yani enerji, kullanıldığı halde, sayaçta yazılmaz.

Sınır yük göstergeleri: Büyük çapta elektrik tüketen endüstri alanlarının yarattığı bir sorun da, büyük yük çekişleridir. Endüstride, çekilen akım miktarı, genellikle kWh sayaçlarıyla yazılabilir. Ancak, günün belirli saatlerinde büyük yük çekişleri de görülür ve elektrik şebekesinin, bu tepe değerlere da-

Resimdeki iki çizimde, tek fazlı bir sayacın önden ve yandan görünüşleri verilmektedir. Alttaki iki çizimden birinde, mıknatıslı frenin oluşturduğu foucault akımları, ikincisinde ise, 3 fazlı (4 telli) bir sayacın üstten görüntüsü verilmiştir.



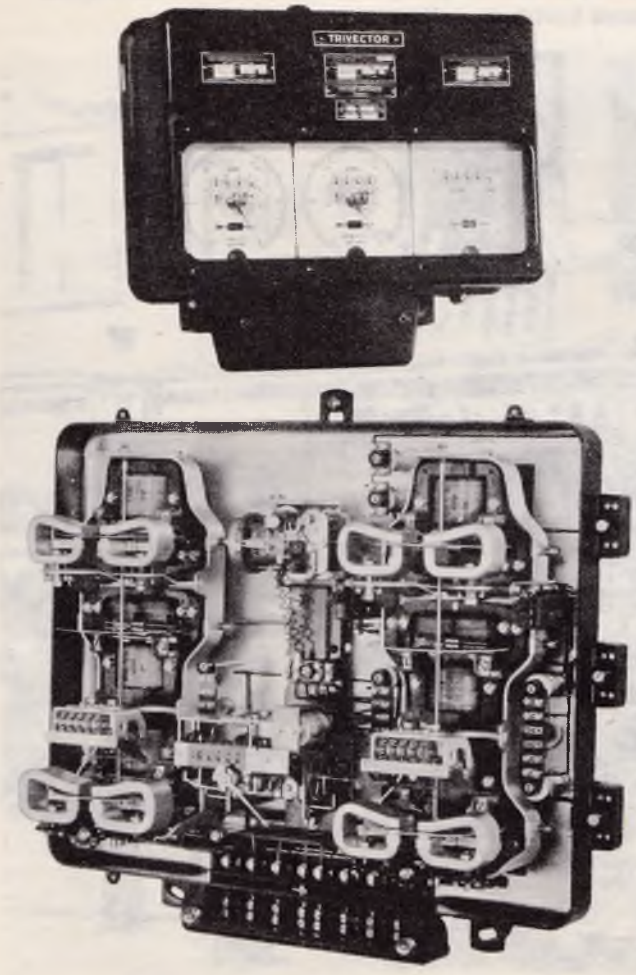
yanacak sağlamlıkta olması gerekir. Söz konusu gereksinim, elektrik idarelerini güçlü şebekeler kurmaya ve aşırı harcamaya sürükler. Ancak, büyük yük çekiş ücreti, tükettiği normal elektrik ücretine ek olarak tüketiciden alınır. Bu yol iki açıdan yararlı olur: Elektrik idarelerine ek gelir sağlar; tüketicileri, elektrik kullanımlarını gün içinde daha düzenli ayarlamaya yöneltir.

Günümüzde de kullanılmakta olan Merz sınır yük göstergesinde, sayaçtan hareket alan bir tahrik kolu ya da sürgü vardır. Tahrik kolu, gösterge ibresinin açısal hareketini denetler. Gösterge ibresi 30 dakikada bir, tüketilen en üst kW ya da kVA değerlerini ortalama olarak belirtir. 30 dakikalık aralıklarla tahrik kolunun sayaca bağlanması ya da sayaçtan ayrılması, bir anahtar devresi ya da röleyle sağlanır. Gösterge ibresi belirli aralıklarla, sözgelimi ayda bir, sıfırlanır.

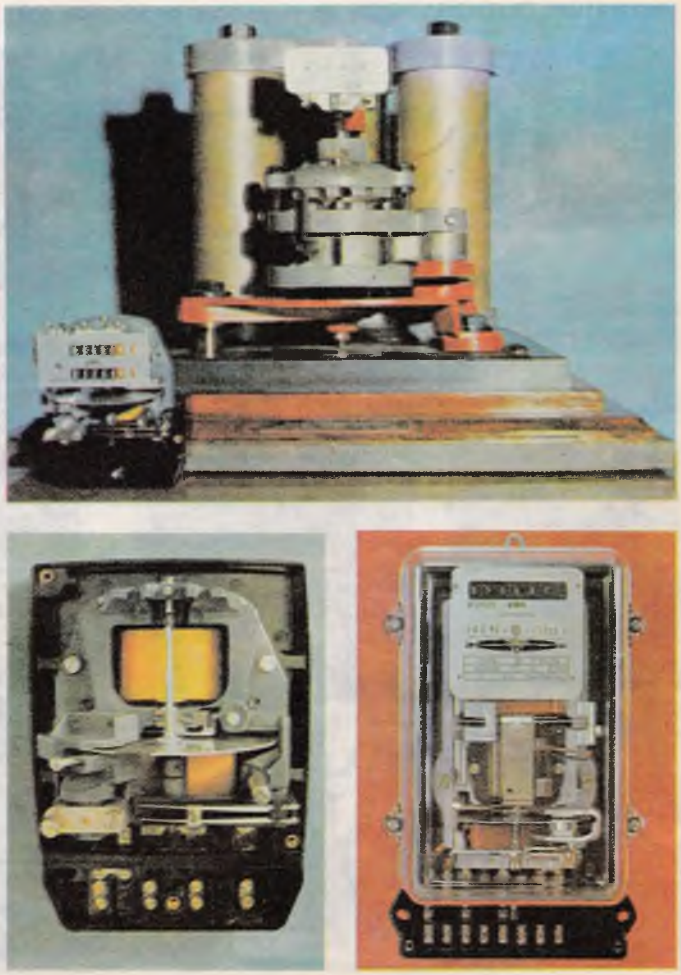
Sınır yük göstergeleri ayrı bir yere takıldığı zaman, bir ana sayaçtan uyarım alarak çalışır. Ana sayaç, her dönme hareketi için bir uyarım oluşturur ve bu, bir pilot bağlantıyla göstergeye ulaştırılır. Göstergeye birden çok bağlantı gelebilir ve sayısal çıkış, kağıda basılı olarak alınır.

Parayla çalışan sayaçlar: Bazı Avrupa ülkelerinde parayla çalıştırılan sayaçlar kullanılır. Bu sayaçlar, atılan parayı, büyüklük ve ağırlık bakımından denetledikten sonra içeri alır. Sayaç üstündeki bir man-

Alttaki resimlerde, kWh, kVAh ve tepkin kVAh'ı ölçen, iki tür Trivector sayaç, sınır yük göstergeleriyle birlikte görülmektedir. Üstteki aygıt kadranlı türdendir; alttaki ise (kutusu çıkarılmıştır) sayısaldır. Büyük yükler ölçüleceği zaman, sayaçlar doğrudan doğruya şebekeye bağlanmaz; araya bir transformatör takılır. Kuşkusuz, trafodan çıkan akım ve gerilim, devreden çekilen akım ve gerilim ile doğru orantılı olacaktır.



Chamberlain ve Hookham'ın 1897'de yaptığı cıvalı ilk sayaç. (altta) Bu, magnetik fren sistemi kullanan ilk sayaçtır. Yanında, günümüzde kullanılan bir sayaç görülmektedir. En son tip sayaçlar. (altta) Soldaki, evlerde kullanılan tek fazlı bir sayaçtır (kutusu ve göstergesi çıkarılmıştır). Magnetik fren ve ayar vidası diskin solundadır. Sağdaki ise, 3 fazlı (4 telli) bir kWh sayacıdır. Üç disk de ortak eksene bağlanmıştır.



dal, atılacak paraya göre ayarlanır. Böylece süre bittiğinde akım, otomatik olarak kesilir. Sayacın dönme hareketi, para atıldığında kurulan zembereği gevşetecek yöndedir. Yay bütünüyle boşaldığında, devre kesiciyi çalıştırır ve akımı keser. Daha karmaşık paralı sayaçlarda, sözgelimi atılması gereken paranın önceden belirlenmiş olduğu tiplerde, eşzamanlı bir motor ile bir zamanlama sistemi birlikte çalışır. Süre dolduğunda, yeniden para atılır.

Sayaç denetimi: Yönetmeliklere göre normal bir sayaç her üç ayda bir denetlenmelidir. Bir yönteme göre, denetlenecek sayacın doğruluğu, başka bir sayaçla aynı yüke, eşit sürede bağlanarak denenir. İkinci yöntemde, sayacın dönme sayısı, gene doğruluğu bilinen, aynı yük altındaki başka bir sayaçla karşılaştırılır. Üçüncü bir yöntemdeyse, deney akımı, duyarlı bir watt-metreyle ölçülür. Diskin dönme sayısı ise, kronometreden okunur. Ayrıca kadran deneyi de yapmak gerekir. Denetim sonucu belirlenen duyarlıkta olduğu anlaşılan sayaçlar, mühürlenir. Bir sayaç 15-20 yıl kullanılabilir.

ELEKTRİK SÜPÜRGESİ

Madde sürekli bozunup küçük parçalara ayrılır. İnsan bedeninden bile, her dakika binlerce ölü hücre atılır. Çevredeki bütün bu yıpranma ve aşınma, çok miktarda toz oluşmasına yolaçar. Bu tozların, hem estetik, hem de sağlık yönünden toplanması gerekir. Endüstrideyse, bazı tozlar tehlikeli olur ve elektrostatik toplayıcılar ya da vakumla emme işlemi gibi süzme yöntemleriyle temizlenir.

İlk elektrik süpürgesini Hubert Cecil Booth yaptı. 1901 yılında patenti alınan bu aygıt, 5 beygirgücündeki pistonlu motorla çalışırdı. Bunu kısa süre sonra, vakumla çalışan başka süpürgeler izledi: Elle çalıştırılan körüklü tipler; gazla çalışan vakum pompaları; tersine çalışan vantilatörler; basınçlı havayla çalışan VENTURİ sistemleri: vb.

Vakum ilkesi: Günümüzde «elektrik süpürgesi» terimi, ucuna bükülebilen bir hortum bağlanan bir delikten hızla hava geçiren elektrikli bir pervane sistemi için kullanılır. Pervane döndükçe, merkezkaç kuvvet etkisiyle aygıtın dışına atılan hava, pervanenin merkezinde kısmi vakum bölgesi oluşturur. Hortumun ucundan içeri giren hava, bu bölgeye dolar. Vakum değeri, pervanenin tipine, kanatlarının sayısına ve büyüklüğüne bağlıdır.

Dikine çalışan süpürgelerde açık pervaneler var-

İlk elektrik süpürgelerinin motorları arabalarla taşınır, arabadan çıkan uzun hortumlar, temizlenecek yapıya uzatılırdı. (altta)

dır. Hava ile toz, bunların içinden kolayca geçer. Bazı tiplerdeyse, iğne,vb. cisimleri tutarak, bunların pervaneye zarar vermesini önleyen, ön süzme sistemleri bulunur. Bunların emme güçleri, çok kademeli pervanelere oranla daha düşüktür. Ancak, tozu bulunduğu yerden söken fırça ve kafalar, toz parçalarının hava akımına kapılmalarını sağlayarak, iyi bir temizleme gerçekleştirir.

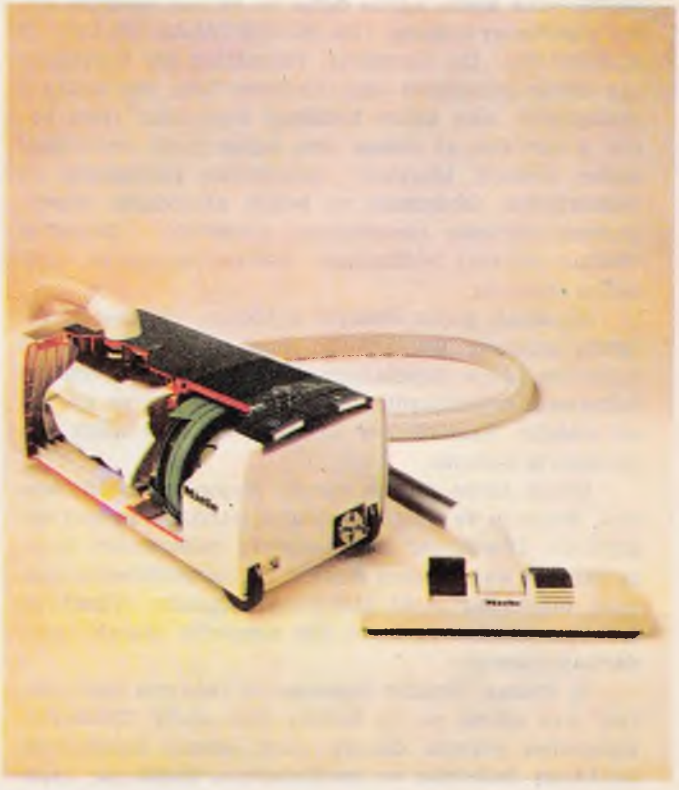
Elektrik süpürgesinin çalışmasını belirleyen vakum ile hacim arasında yakın ilişki vardır. Vakumun gücü *milimetrik su ölçeği* ile ölçülür (bu aygıt vakumu, milimetre su sütunu cinsinden gösterir). Havanın hacmi ise, dakikada geçen metreküp hava ya da hava miktarı olarak ölçülür. En yüksek emme gücü, hortumun ucu iyice kapatıldığında, en büyük hava akımı da, hortumun ucu bütünüyle açıkken sağlanır. Temizleme işlemi sırasında emici kafa, farklı türden yüzeylerin üstünde gezdirilir. Dolayısıyle, kafanın yüzeye bastırılma şiddeti de değişir. Buna bağlı olarak, vakum-hacim niteliği de sürekli olarak değişiklik gösterir.

Ancak, toplanması gereken parçacıkların ağırlığı arttıkça, bunları yerlerinden koparmak için gereken hava hacminin ve takılıp kalacakları süzgece kadar sürüklemek için gerekli olan akış hızının da artması zorunludur.

Süzme sistemi, genellikle bez bir torbadan oluşur. Torba, hava akışını engellemeden tozları tutacak bir dokumadan yapılır. Elektrik süpürgelerinin çoğunda, süzgeç, 5 mikron büyüklüğündeki tanecikleri bile tutabilir. Hastanelerde, tozlarla mikropların yayılmasını önlemek için, özel süzgeçler kullanılır. Tıpkı bunun gibi, zehirli tozların bulunduğu fabrikalarda da özel süzgeçler kullanılması gerekir.

Evlerde kullanılan elektrik süpürgelerinde, seri

1926 yılında çekilen bu resimde, bir elektrik süpürgesi firmasının temsilcisi, aracın nasıl çalıştığını göstermektedir. (üstte)
Elektrik süpürgesinin kesiti. (altta) Pervane (yeşil silindir) ve değiştirilebilir kağıt torba görülmektedir. Dik olarak çalışan süpürgelerde, motorla döndürülen fırçalar da bulunur.



bağlı kömür fırçalı motorlar vardır. Büyük yapıların temizlik işleri daha uzun sürdüğünden, buralarda kullanılan elektrik süpürgelerinde indüksiyon motorları yeğlenir.

ELEKTRİK TESİSATI

Dünyada kullanılan alçak gerilimli iç elektrik tesisatları, hem taşıdıkları gerilim bakımından, hem de bunlara bağlanan aygıtların türü bakımından ülkeden ülkeye değişir. Bazen aynı ülke içinde bile önemli ayrılıklara raslanabilir. Sözgelimi, ülkemizde çoğu yerde 220 volt, bazı yerlerde de 110 volt kullanılır. 220 voltluk gerilim kullanan ülkelerin çoğunlukta olmasına karşılık, A.B.D. gibi 120 ya da 240 voltluk gerilimler kullanan ülkeler de vardır.

Yüksek gerilimin kullanılması, hem insan yaşamı bakımından tehlikelidir, hem de yüksek gerilimde çalışacak elektrik aygıtlarının yapımı zordur. Bu nedenlerden ötürü, iç tesislerde alçak gerilim kullanma zorunluluğu vardır. Elektrik enerjisinin santrallardan tüketim tesislerine kadar iletilmesi için, gerilim, transformatörler aracılığıyla aşama aşama düşürülerek iletilir.

Elektrik hatlarının girişi ve bağlanışı, yapıların biçimine, bulunduğu yere göre değişir: Çatı duvarından; yeraltı kablosuyla; dam direğiyle. Çatı duvarından ve dam direğiyle bağlantılar, ana kolon hattına *izolatörler* aracılığıyla bağlanır. Yeraltı kablosu kullanıldığındaysa, bağlantı, doğrudan ev *kofra*sına, yani *ana ek kutusu*na yapılır. Kofradan sayaca kadar olan hatta, «*ana kolon hattı*» denir ve bu hat üstünde *kolon sigortaları* bulunur (Bk. SİGORTALAR VE DEVRE KESENLER). Bu sigortalar, tesisattaki bir bozukluktan bütün şebekenin etkilenmemesi için, her tesisata yerleştirilir. Ana kolon hattında kullanılan telin kesiti 4 mm²'den az olmaz. Ana kolon hattı sonundaki sayaç, elektrik idareleri tarafından yerleştirilir ve mühürlüdür. Okunması ve belirli aralıklarla denetlenmesi idarenin sorumluluğu altındadır. Tesisatın bundan sonraki bölümünün sorumluluğunuysa, kullanıcı üstlenir.

Sayaçtan geçen elektrik kabloları, *dağıtım tablo*larına bağlanır. Bu tablolar, *linye ve sorti hatları*nın uçlarının, linye sigortalarının ve gerekiyorsa *röle* ve *şalter*lerin bulundurulduğu bir dolap, kutu ya da pano olabilir. Tabloda her linye ya da sorti hattı için bir sigorta bulunur.

Çeşitli türde sigorta vardır: *Buşonlu; şeritli; otomat*. Buşonlu ve şeritli sigortalar, attıkları zaman değiştirilir. Otomatlar ise, magnetik şalterlerdir. Atınca yeniden kurulmaları gerekir. Bu üstünlüklerine karşılık, otomatlar öteki türlerden pahalıdır. Sigortalar 6,10,15,20,25,35,50,60,80 ve 100 amperlik olarak standartlaştırılmıştır.

İç tesisat, binanın yapısına ve yatırıma bağlı olarak, sıva altına ya da üstüne döşenebilir. Tesisatlar, kullanılan gerecin cinsine göre, borulu iletkenlerle, yalıtılmış iletkenler ve kurşunlanmış demir saç borularla (*Bergman* borular), yalıtılmış iletkenler ve yarıklı çelik borularla (*peşel* borular), nemli yer gereciyle (antigron) izolatörler üstüne ya da yeraltı kablosuyla yapılabilir. Günümüzde en yaygın döşenen tür, yalıtılmış iletkenler ve yarıklı çelik borularla yapılan tesisattır. Hattâ, yarıklı çelik borunun yerini de plastik borular almaktadır.

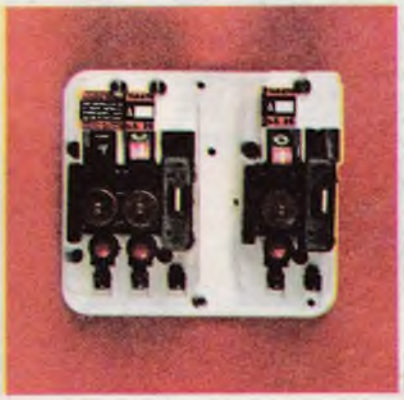
Gerek sıva altı, gerekse sıva üstü tesisatta, borular olabildiğince kısa yoldan, ama çok sayıda keskin köşe yapmayacak biçimde döşenir.

Linye ve sorti hatlarının ayrıldığı noktalara, *bağlantı kutuları (buvat)* yerleştirilmiştir. Bağlantı kutularının tek girişlileri, linye ve sorti hatlarının sonuna konur. Priz ve anahtarların yerleştirildiği bu kutulara «*anahtar kasası*» adı verilir.

Tesisatta, boru ve bağlantı kutularının dışında, *muf* (boruları birbirine bağlantılamada), *dirsek* (köşe dönmelerde), *T parçası* (dallanmalarda), ağızlık (boru uçlarında telin zedelenmesinin önlenmesi amacıyla) gibi öğeler de kullanılır.

Banyo ya da çamaşırhane gibi bölümlerin tesisatında, nemli yer gereçleri kullanılır. Bu tür yerler-

Elektrikle aydınlatılan ilk evlerden, biri. (altta)



Modern hat başı sigortası (solda). Aygıttan geçen akım belli bir değeri aşarsa, küçük bir elektromıknatıs, kontağı açarak akımı keser.

de kullanılan priz, anahtar, kablo, duy, lamba gibi öğelerin tümü, içine nem sızdırmayacak yapıdadır.

İç tesisatta kullanılan anahtarlar, kullanılacakları yerlere göre değişik biçimler alır: Sıva üstü anahtar; sıva altı anahtar; antigon anahtar. Amaçlarına göre de ayrılıklar gösteren anahtarlar *adi, kömütatör, vayvien* ya da *ara vayvien* olabilir. Adi anahtar, aydınlatma devresini açıp kapamaya yarar. Kömütatör anahtar, birden çok aydınlatma devresine kumanda etmede kullanılır. Vayvien anahtarlar, bir aydınlatma devresine iki noktadan kumanda edilmek istenen yerlerde yararlı olur. Ara vayvien anahtarlar ise, bir aydınlatma devresine ikiden çok noktadan kumanda edilmek istenen yerlerde kullanılır. Anahtarlar çalışma ilkelerine göre döner kontaklı, manivelalı *(tumler)* ya da çekmeli olabilir.

Çamaşır makinası, buzdolabı, su ısıtıcıları gibi aygıtların takıldığı prizlerde, topraklama ya da sıfırlama yapılması gerekir. Bu prizlerde toprak ucu, varsa toprak iletkenine, yoksa yansız iletkene bağlanır.

İç tesisatta, yukarda sözü edilen öğelerin dışında tavan bağlantı öğesi *(rozas)*, *duy*, *askı halkası*, bağlantı kelepçesi *(klemens)*, zil, vızıltı gibi öğeler de kullanılır.

ELEKTRİK YÜKÜ **Bk. ELEKTROSTATİK**

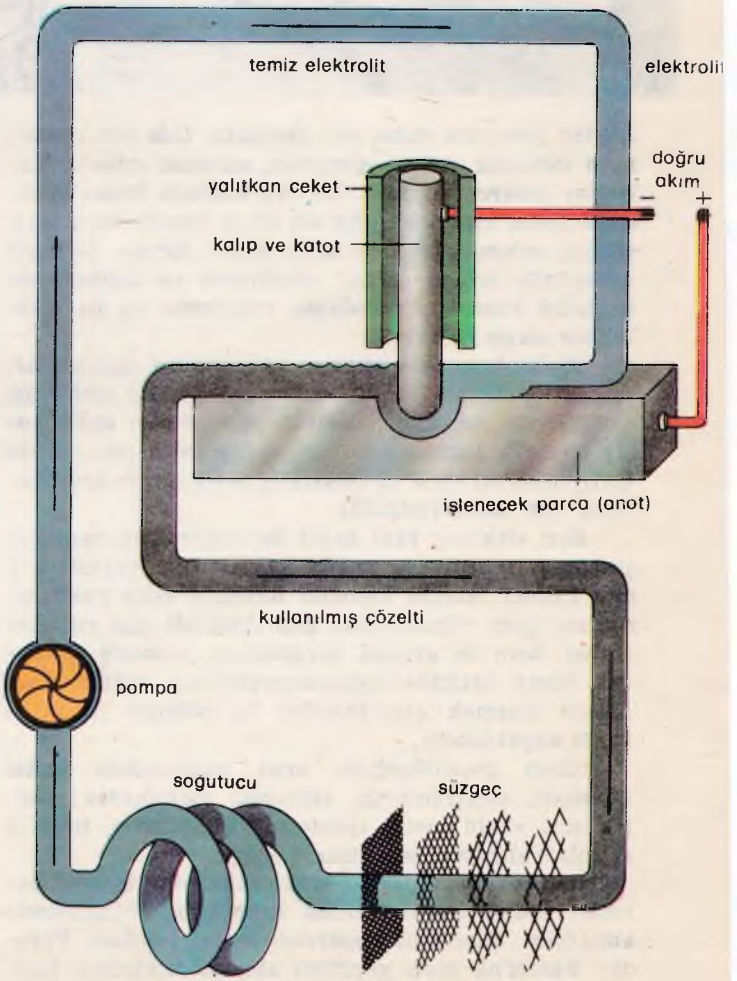
ELEKTROANSEFALOGRAF **Bk. ELEKTRONİK, TIP ALANINDA**

ELEKTROKARDİYOGRAF **Bk. ELEKTRONİK, TIP ALANINDA**

ELEKTROKİMYASAL İŞLEME

Geleneksel mekanik işlemede, metallere, keskin kenarlı takımla (kalem) işlenen maddenin yüzeyinden talaş kaldırılarak biçim verilir. Kuşkusuz, kesici,

Çizimde (altta), elektrokimyasal işleme süreci görülmektedir. Katodu oluşturan çok sıkı oturtulmuş kalıp ile anot görevi yapan işlenecek nesnenin arasından, akım geçirilir. İşlenen yüzeyden kopan metal, iki elektrot arasından büyük bir hızla akarak, metal iyonlarını taşıyan ve katot üstünde birikimi önleyen çözeltiye karışır.



Bu elektrokimyasal makina (üstte), otomatik olarak işlenen nesnelerdeki pürüzleri düzeltir. Bir bölme yüklenirken, ikinci bölmede takım inmektedir. Takım yerine oturduğunda, elektrolit akmaya başlar ve akım verilir.

işlenen yüzeyden daha sert olmalıdır. Çok sert metallerin mekanik yoldan işlenmesi, sorunlar çıkarır. Takımlar kolayca yıpranır. Bir tek kesimde kopartılabilecek metal miktarının bir alt sınırı vardır. Bu sınırın altında takım, yüzeyden kayıp gider. Ayrıca, işlenmiş yüzeylerde ortaya çıkan gerilmeler ve malzemenin bağlama kenarlarında oluşan «pürüzler» ya da «çatlaklar» sorun yaratabilir.

Elektrokimyasal işleme, söz konusu sakıncaları ortadan kaldırır. Çünkü, metal parçacıklar elektroliz süreçleriyle, mekanik işlemede olduğundan daha kolay biçimde yüzeyden koparılır. İşlenecek parça anot (artı elektrot) olur ve elektroliz çözeltisinin içine batırılır (Bk. ELEKTROLİZ).

Eksi elektrot, yani katot da elektrolizin yapıldığı çözeltiye batırılır ve anoda yaklaştırılır (yaklaşık 1 mm kadar). Anotla katodun birbirine iyice yaklaştırılması, hem yüksek akım geçirildiğinde güç yitimini azaltır, hem de akımın yayılmadan, yalnızca işlenecek yüzey üstünde yoğunlaştırılmasını sağlar. Aynı amaca ulaşmak için, katodun bir bölümü bir yalıtkanla kapatılabilir.

Akım geçirildiğinde, anot yüzeyindeki metal atomları, elektronlarını yitirerek, elektrolitte çözülen artı yüklü metal iyonlarına dönüşürler. Böylece atomları alınan yüzey, giderek aşınır.

Bazı uygulamalarda, elektrokimyasal işleme, boyutları kesin olarak verilen nesnelerin işlenmesinde kullanılır. Yüzeyden koparılan metal miktarı, Faraday Yasası'na göre, geçirilen akımın miktarına bağlıdır. Bu durumda «paso»nun derinliği (talaş kaldırma miktarı), duyarlı biçimde denetlenebilir.

Ancak, elektrokimyasal işleme başvurmada temel neden, eldeki metalin aşırı ölçüdeki sertliğidir. Elektrolit olarak genellikle, sodyum klorür gibi, çok yalın tuzların çözeltileri kullanılır. Elektrolit (ya da elektroliz çözeltisi), anot ile katot arasına çok büyük bir hızla pompalanır. Böylece, çözünmüş metalin hemen ortamdan alınması sağlanır. Çözünmüş metalin hızla alınması önemlidir; çünkü oluşacak çamur, metale düzgün bir biçim verilmesini engeller. Elektroliz çözeltisi, yeniden pompalanmadan önce, süzülerek temizlenir. Metali elverişli bir hızda işleyebilmek için, anot yüzeyden, yaklaşık 5 000 amp/dm^2 gibi çok yüksek bir akımın geçirilmesi gerekmektedir. Bu zorunluluk, belirli bir zamanda işlenebilecek yüzeyin boyutları açısından bir sınırlama getirir, çünkü yüksek doğru akım üreten aygıtlar, hem hantal, hem de pahalıdır. Ayrıca, yüksek akım uygulamalarında büyük ölçüde ısı açığa çıkar. Bu nedenle sisteme, soğutucu bir aygıt yerleştirmek gerekir. Elektrokimyasal işlemenin tipik bir örneği, çok sert ve kolayca yükseltgenmeyen nikelli alaşımlardan yapılan gaz türbinlerinin kanatlarının işlenmesidir.

İşleme bazen, düzleştirme ve cilalamayla birlikte ele alınır. Kullanılan elektroliz çözeltiler, güçlü asitlerin karışımlarından oluşur; geçirilen akım da 50 amp/dm² dolayındadır. Sözgelimi, mekanik işlemenin bıraktığı pürüzlerin giderilmesi için, dişli çarklara bu yöntem uygulanır. Bir başka örnek de, otomatik çamaşır makinalarındaki paslanmaz çelik kazanların son elden geçirilişidir. Elektrokimyasal işleme, göze hoş görünen parlak bir görüntü verdiği gibi, çamaşırı zedeleyebilecek çapaklı köşelerin de düzeltilmesini sağlar.

Kıvılcımla işleme: Bu tür işleme, elektrolit yerine, bir dielektrik (yalıtkan) kullanılması dışında, elektrokimyasal işlemenin aynıdır. Dielektrik, yalnızca yüksek bir gerilim uygulanıldığında akım geçirir. Yüksek gerilimde, elektrotlar arasında bir kıvılcım oluşur ve işlenecek maddenin yüzeyinden metal parçacıklar böyle koparılır. Bu yöntemle, metalin daha çok aşınması ve daha duyarlı biçimde işlenmesi sağlanır. Oyuk kalıpların işlenmesinde de kıvılcımla işlemeden yararlanılır.

ELEKTROLİT Bk. **ELEKTROLİZ**

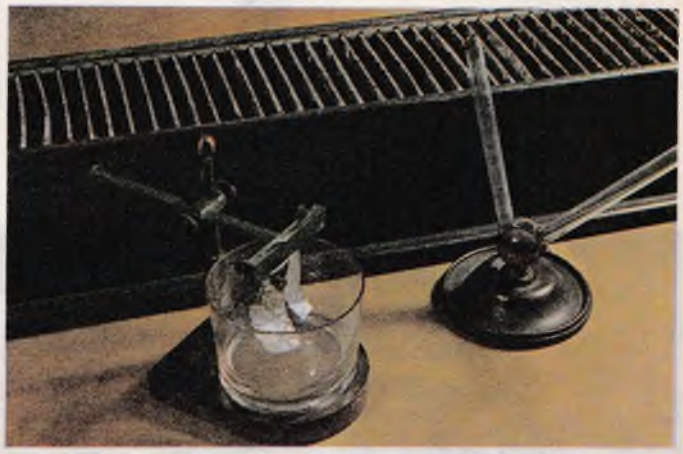
ELEKTROLİZ

Elektroliz, bir bileşiğin içinden elektrik akımı geçirildiğinde, o bileşiğin kimyasal olarak ayrışması olayıdır. Ancak, bu bileşiğin akışkan, yani çözelti ya da eriyik halinde bulunması gerekir. Bu olay, 1800 yılında, VOLTA'nın ilk pili bulmasından birkaç ay sonra anlaşılmış, ama elektroliz yasaları, Michael FARADAY (1791-1867) tarafından ancak 20 yıl sonra ortaya konmuştur.

İçinden elektrik akımının geçmesine izin veren akışkan iletkene, «*elektrolit*» adı verilir. Bu sıvı, «iyon» denilen yüklü tanecikler içerir. Sözgelimi, sofra tuzu (NaCl) su içinde çözeldiğinde, artı yüklü sodyum (Na^+) *katyon*larına ve eksi yüklü klor (Cl^-) *anyon*larına ayrışır. Sıvı içinde elektrik akımını bu anyonlar taşır. Oysa metallerde akım, elektronlarla taşınmaktadır. Bir elektrolit içine daldırılan elektrotlar aracılığıyla bu akışkandan elektrik akımı geçirilirse, anyonlar artı yüklü elektrot (anot), katyonlar ise eksi yüklü elektrot (katot) tarafından çekilir. Yüklü iyonların bu hareketi, elektrotlarda elektrik akımı oluşmasına, yani elektroliz tepkimesine neden olur. İyonları serbest duruma geçemeyen maddeler, bu anlamda elektriği iletemeyeceklerinden, elektrolizde ayrıştırılamaz.

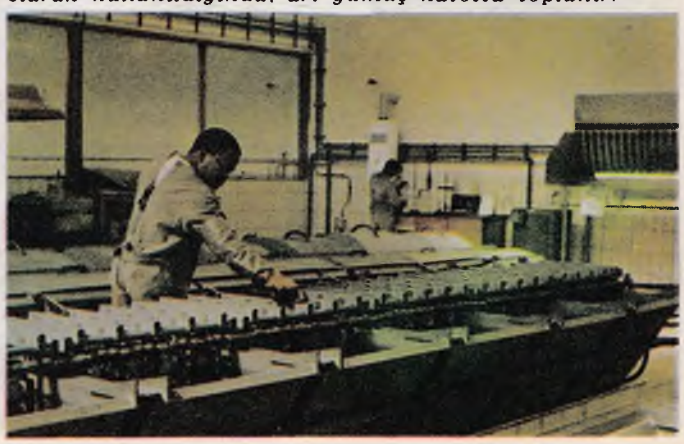
Elektrik akımını elektrotlara taşıyan teller, metalden yapılmıştır ve akım bunlarda elektronlar aracılığıyla taşınır. Her elektron bir tek eksi yük iletir ve gerçekte akım şiddeti olan amper, birim zamanda devrenin bir noktasından geçen elektron sayısıdır. Katotta elektronlar, elektrot içinde aşağı doğru akar ve tepkimeye girerek, katyonun kimyasal yapısını değiştirirler. Sözgelimi, hidrojen iyonları (H^+) birer elektron kazanarak H atomlarına dönüşür. Bu atomlar, kabarcıklar biçimi alan hidrojen gazı (H_2) moleküllerini oluşturur. Anotta ise, elektronlar anyonlardan ayrılır ve bağlantı kablosundan akıp gider, ama bu sırada iyonun yapısını da değiştirirler. Buna karşılık, elektrodun kendi yapısı içindeki atomlar, elektron yitirerek, elektrolitte katyon halinde çözülür. Metallerdeki paslanmanın nedeni budur.

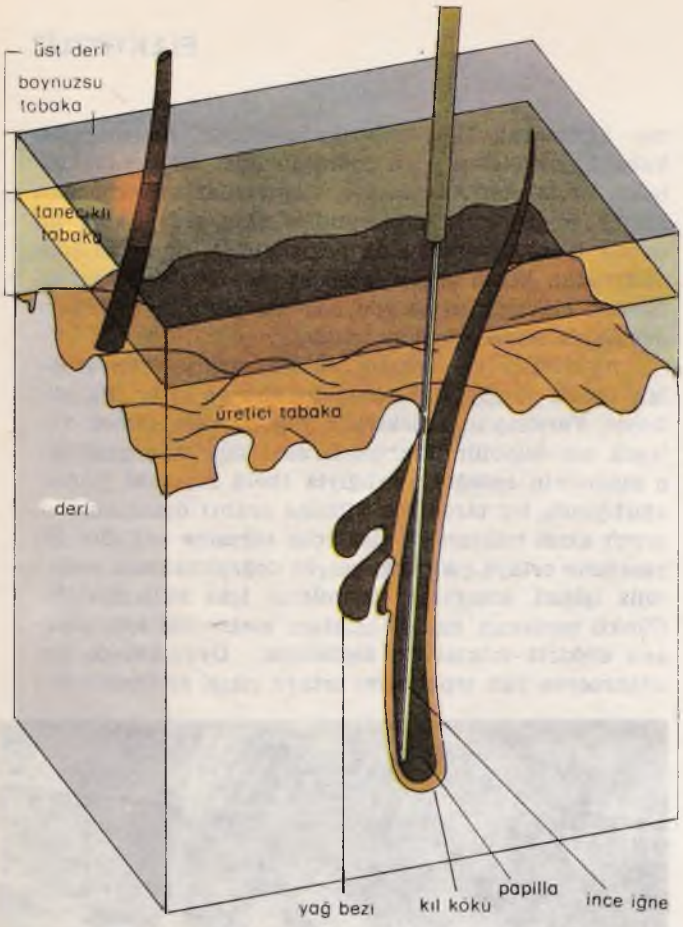
Ağırlıkları ve elektrik yükleri değişmeyen iyonlar, belirli sayıda elektronla tepkimeye girer. Bu nedenle, Faraday'ın «elektroliz yasaları»nın temeli kolayca anlaşılabilir. Elektrotlardaki ağırlık değişikliği, o maddenin eşdeğer ağırlığıyla (belli sayıdaki iyonun ağırlığının, bir tanesinin yüküne oranı) orantılıdır ve geçen akım miktarı ile elektroliz süresine bağlıdır. Bu yasaların ortaya çıkardığı gerçek doğrultusunda, elektroliz işlemi, kimyasal çözümleme için kullanılabilir. Çünkü toplanan madde miktarı, elektrolizi için gereken elektrik miktarıyla ölçülebilir. Uygulamada ise, istenmeyen yan tepkimeler ortaya çıkıp, elektroliz için



1800 yıllarında Sir Humphry Davy'nin elektroliz deneyleri için kullandığı aygıt. (üstte) Davy, sodyum hidroksit çözeltisinden elektrik akımını geçirerek sodyum elde etmişti.

Gümüşün arılaştırılmasında kullanılan elektroliz kapları. (altta) Arı olmayan gümüş, anot olarak kullanıldığında, arı gümüş katotta toplanır.





gerekli akımın bir bölümünü çekebilir. Bu durumda da Faraday kuralları geçerliliğini sürdürür; ama elektroliz olayının verimliliği düşer (% 50 ya da 75 dolayında).

Elektroliz olayını tersine çevirmek de olanaklıdır. Bu durumda kimyasal maddeler, elektrotlarla tepkimeye girer ve bir elektrik akımı oluştururlar. Böyle bir düzenleme, yakıtlı pillerin yapımında kullanılır.

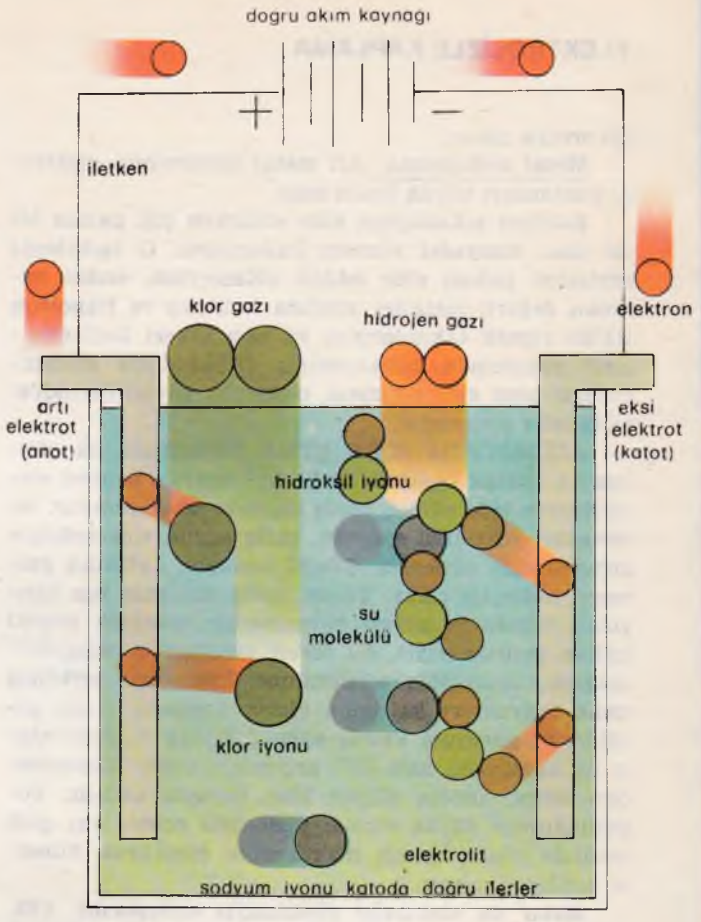
Kimyasal madde üretimi: Sodyum klorürün elektrolizi, elektrokimyanın endüstri alanında uygulanışının ilk örneğidir. Aynı zamanda, uygulamada bazı teknik sorunların nasıl aşıldığını da gösterir. Sofra tuzu suda çözüldüğünde, iyonlara ayrılır. Metal elektrotlar kullanılarak, yalın bir pilde (anot, katot ve elektrolit düzeni) tuzlu su elektroliz edilirse, klor (Cl^-) iyonları anotta toplanır ve elektronlarını yitirerek, klor gazına dönüşürler. Klor gazı, çözücülerin, ağartıcıların ve bazı plastiklerin yapımında kullanılan değerli bir hammaddedir. Buna karşılık ka-

Elektroliz, istenmeyen kılların temizlenmesinde de kullanılır. (solda) Elektrotlardan biri, geniş bir alanı örtecek biçimde deriye değdirilirken, iğne biçimindeki ikinci elektrot kıl köküne sokulur. Akım geçtiğinde, sivri elektrot çevresinde oluşan kimyasal değişiklik, kıl kökünü öldürür.

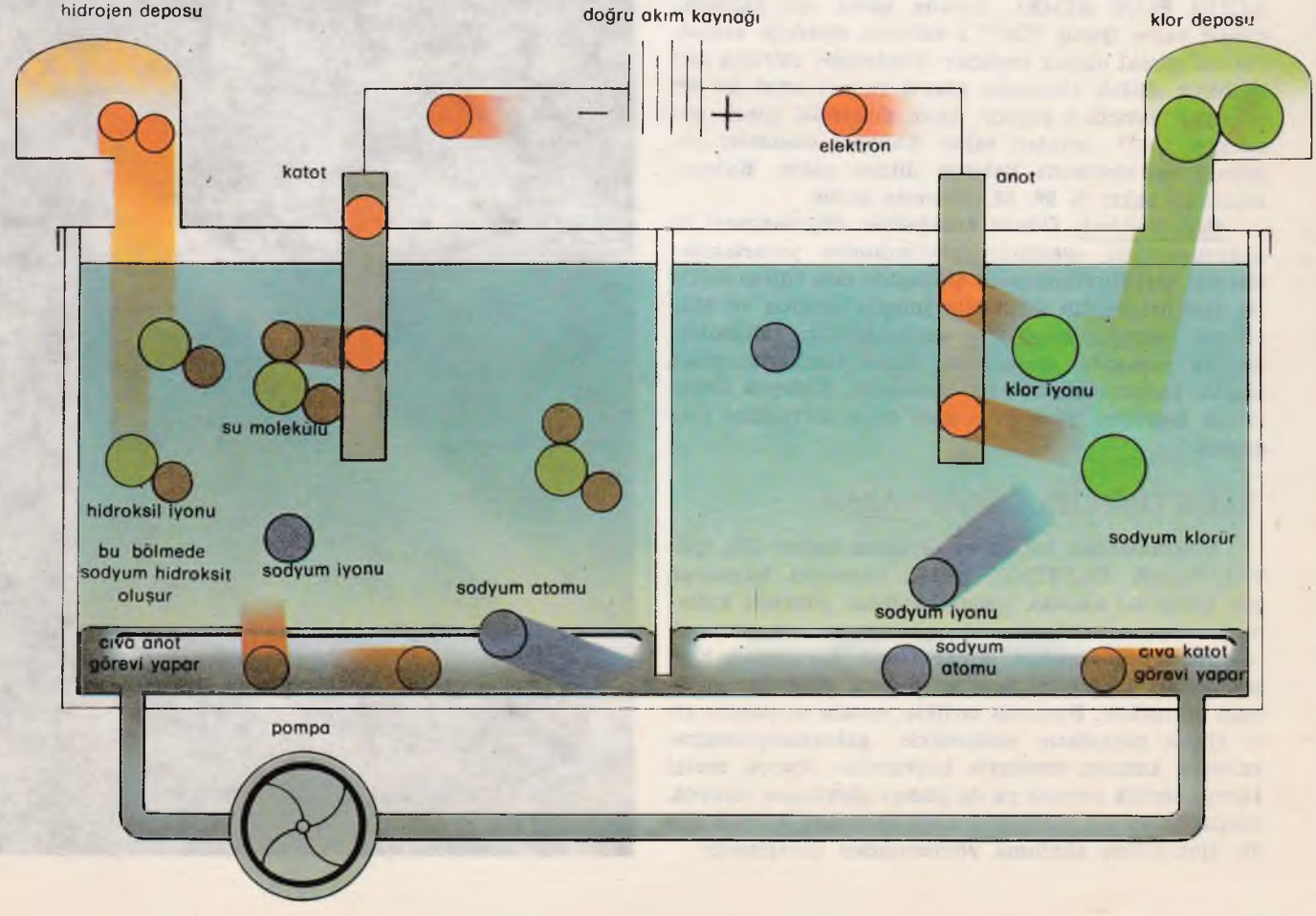
Yan ürün olarak sodyum hidroksit veren tuzlu suyun elektrolizinden klor gazı elde etmede kullanılan büyük bir havuz. (solda) Resimde, havuz üstünde ayakta duran teknisyenler görülmektedir. Tuzlu su, tuz depolarından pompalanarak havuza taşınır.
Tuzlu suyun, ticari amaçla elektroliz edildiği ayrıştırma pilinin çizimi. (sağda) Elektroliz sonunda katotta cıva oluşur. Sodyum iyonları bir elektron kazanarak katotta sodyum metaline dönüşürlerken, anotta klor toplanır. Katottaki sodyum, cıva içinde yeniden çözülür ve bir amalgam oluşturarak bitişikteki bölmeye alınır. Orada sodyum, yeniden iyonlaşıp elektrolit içinde çözülür. Katotta biriken hidrojen ve hidroksil iyonları, bir sodyum hidroksit çözeltisi ortaya çıkarır.

tottaki elektrik akımları, Na^+ (sodyum) iyonlarının yüklerini boşaltamaz; çünkü su moleküllerinin elektron çekme gücü, sodyum iyonununkinden büyüktür. Su molekülü (H_2O) bir elektron alıp bölünerek, hidrojen (H) atomları oluşturur. Bunlar da çözeltide hidroksil (OH^-) anyonlarını yalnız bırakarak H_2 gazını oluştururlar. Giderek çözeltide, sodyum hidroksit ya da kostik soda (NaOH) yoğunluğu yükselir. Kostik soda önemli bir yan üründür. Ancak, yalın bir pilde soda, sodyum klorürle karışabileceğinden ayrılması güçtür. Ortaya çıkan alkali çözelti, anoda oksijen verebilir. Bu da istenmeyen bir yan tepkimedir.

Söz konusu sorunları çözmek için, anodun ve katodun ayrı ayrı bölmelere konduğu piller düzenlenmiştir. Castner-Kellner pilinde, sodyum klorür elektroliz edilirken, cıva katot kullanılır. Anotta klor birikirken, sodyum iyonları da yüklerini vererek, katotta sodyum metaline dönüşürler. Hidrojenin cıva yüzeyine yapışması güçtür. Ancak, cıvada çözülen sodyum iyonları, sıvı bir amalgam oluşturur. Bu amalgam, pompayla ikinci bölüme aktarılır. Burada cıva, anot görevi yapar. Katotta hidrojen birikerek hidroksil iyonlarını oluşturur. Sonuçta sodyum hidroksit çözel-



Tuzlu suyun elektrolizi. (sağda) Klor iyonları anoda çekilir ve orada elektronlarını bırakarak klor gazına dönüşür. Geride hidroksil iyonları kalır.



tisi ortaya çıkar.

Metal arılaştırma: Arı metal üretiminde, elektroliz yöntemleri büyük önem taşır.

Eskiden alüminyum elde edilirken çok pahalı bir yol olan kimyasal yöntem kullanılırdı. O tarihlerde böylesine pahalı elde edilen alüminyum, ender bulunan değerli metaller sınıfına katılmış ve Napoléon III'ün yemek takımlarının ve bazı askeri üniformaların yapımında kullanılmıştı. Günümüzde alüminyumun ucuz elde edilmesi, elektroliz yöntemlerindeki gelişmeler sonucudur.

ALÜMİNYUM ELDE ETME bölümünde bu yöntem ve yüksek tepkime özellikleri taşıyan benzeri elementlerin elde edilişi, geniş biçimde açıklanmıştır. Bu metaller, sözgelimi sodyum, tuzlu suyun elektroliziyle kolayca elde edilemez. Çünkü sonuçta, katottan yalnızca hidrojen çıkar. Tuzun, gene eritilmiş tuz banyoları içinde ve suyun bulunmadığı ortamda çözelti haline getirilmesiyle, bu sorun yenilmiştir. Sözgelimi magnezyumun elde edilmesinde, klor tuzu, eritilmiş sıcak sodyum ve kalsiyum klorür karışımı içinde çözülür. Magnezyum klorür ayrışarak, Mg^{+2} katyonları ile bunun iki katı Cl^{-} anyonları verir. Elektrolizden sonra, anotta oluşan klor, boruyla akıtılır. Yoğunluğunun düşük olması nedeniyle erimiş tuz gölü üstünde yüzen erimiş magnezyum metaliyse, kürekle toplanıp alınır.

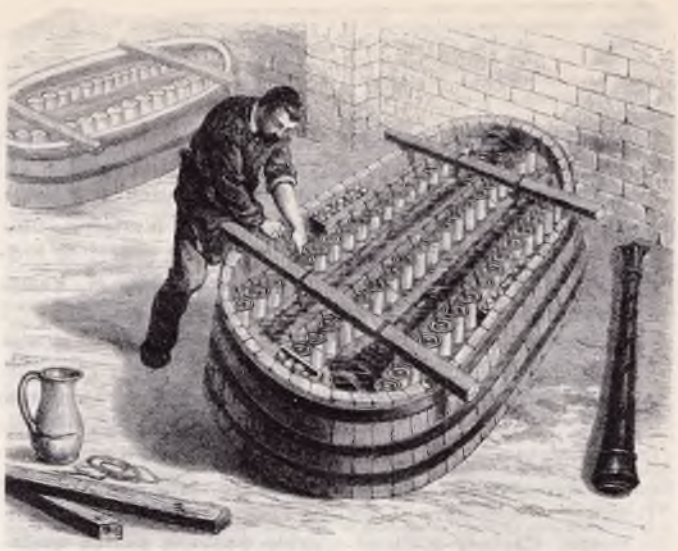
Bakır da elektroliz yöntemiyle arılaştırılır. (Bk. BAKIR ELDE ETME). Burada işlem çok yalındır; çünkü bakır iyonu (Cu^{+2}) kolayca elektron alarak, katotta metal olarak toplanır. Yöntemde, sülfürik asit ve bakır sülfat, elektrolit görevi yapar; anot ise arı olmayan bakırdan yapılır. Anot, elektrolit içinde çözülerek, Cu^{+2} iyonları salar. Yabancı maddeler çözülmez ve elektroliz kabının dibine çöker. Katotta toplanan bakır % 99, 98 oranında arıdır.

Güç üretimi: Güneş enerjisinin depolanması ve dağıtılmasında, elektroliz yönteminden yararlanılabileceği ileri sürülmektedir. Güneşten elde edilen elektrik enerjisi, suyun elektroliz yoluyla oksijen ve hidrojene ayrıştırılması için kullanılabilir. Hidrojen, günlük yaşamda, endüstride, hattâ taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilecek bir maddedir. Kolayca depolanan hidrojen, yandığı zaman hava kirliliğine yol açmaz.

ELEKTROLİZLE KAPLAMA

Makinalardan birçok ev eşyasına kadar (Bk. ÇATAL-BIÇAK ÜRETİMİ), çeşitli nesneleri kapsayan çok geniş bir alanda, metal kaplama yöntemi kullanılır.

Metal kaplamadan amaç, hem korozyona karşı eşyaları korumak, hem de onlara güzel bir görünüm vermektir. Bununla birlikte, cıvata ve somun gibi küçük parçaların elektrolizle galvanizlenmesine, yalnızca koruma amacıyla başvurulur. Ayrıca, metal yüzeye sertlik vermek ya da yüzeyi sürtünme, elektrik, magnetik ve ışık etkilerine karşı dayanıklı kılmak için de, elektrolizle kaplama yönteminden yararlanılır.



Eski bir gümüş kaplama işlemi. (üstte) Şamdanlar elektroliz çözeltisinin içine sarkıtılır ve akım geçirilirdi. Gerektiğinde, teknenin yanında görülen kutulardan, gümüş tuzları eklenirdi.
Bakır kaplama genellikle ya siyanür ya da sülfat banyosunda gerçekleştirilir. Tipik bir siyanür banyosu, bakır siyanür, sodyum siyanür, sodyum karbonat ve sodyum tiosülfat (renk açıcı) içerir. (altta)

Süsleme ya da koruma nedeniyle yapılan kaplama kalınlıkları, normal olarak 0,025 mm (25 mikron) dolayındadır. Buna karşılık, özel mühendislik uygulamaları için, bazen daha kalın bir kaplama gerekebilir.

Elektrolizle kaplamanın ilkeleri: Elektrolizle kaplamada metal tabaka, elektroliz kabı (Bk. ELEKTROLİZ) içinde katot görevi yapan iletken yüzeyler üstüne kaplanır. Kaplama maddesi olan metalin İYON'larını içeren, uygun bir elektrolit kullanılır. Alçak gerilim ve doğru akım altında, metal iyonları katotta, «temel metal» diye nitelenen kaplanacak nesneye yapışarak, metal atomlarına indirgenir. Geçen akım miktarı, FARADAY yasasına göre, biriken metalin ağırlığıyla doğru orantılıdır.

Kaplanacak metal levha ya da çubuk (anot), çözünür bir maddeden oluşuyorsa, metal, aynı anda çözeltiye karışır. Ama, bazı durumlarda, pratik nedenlerle, çözünmeyen anot kullanmak gerekir. Krom kaplama çözeltilerinde, elektriği ileten, ama değişmeden kalabilen kurşun anotlar kullanılır. Burada çözeltiden alınan krom, biraz krom asit eklenmesiyle yenilenebilir. Çözünebilir bir anot söz konusu olduğunda, çözünen metalin ağırlığı, geçirilen akım miktarıyla orantılıdır. Elektrokimyasal tepkimeler şöyle gösterilebilir.

Katotta: Metal iyonları + elektronlar ⟶ arı metal.
Anotta: Arı metal — elektronlar ⟶ metal iyonları.

Yapışma: Kaplamanın ana metale iyi yapışması için, iki metalin atomları arasında sıkı bir bağ olması gerekir. Bu nedenle, ana metalin yüzeyinde, ısıl işlem ya da genel üretim sırasında oluşabilecek oksit tabakası, yağ ya da birikintiler bulunmamalıdır. Dolayısıyle kaplanacak parçalar, kaplamadan önce, uygun biçimde hazırlanır. Oksit tabakası ya da pas söz konusuysa, seyreltik hidroklorik ya da sülfürik asitle «temizlemek», mekanik olarak taşlamak, asitte yakmak, bir çözeltiyle yağını almak, baz özelliği taşıyan bir çözeltide kimyasal ya da elektrokimyasal işlemlerden geçirmek, bu hazırlığı sağlar.

Atım gücü: Elektrolizle kaplama çözeltisinin en önemli özelliklerinden biri, anottan farklı uzaklıklarda olan katot yüzeyleri üstünde, aynı kalınlıkta bir metal kaplama oluşturmasıdır (atım gücü). İyi bir atım gücü, karmaşık yapılı bir parçanın iç yüzeylerinde de yeterli oranda bir kaplama kalınlığı sağlar. Bu, özellikle, kaplanacak parçanın korozyona karşı korunması gereken durumlarda önemlidir. Yalın metal iyonunun, yüksüz bir molekülle birleşmesi sonucu oluşan birleşik metal iyonlu çözeltilerin atım gücü, genellikle yalın metal tuzlarının çözeltilerinden daha iyidir.

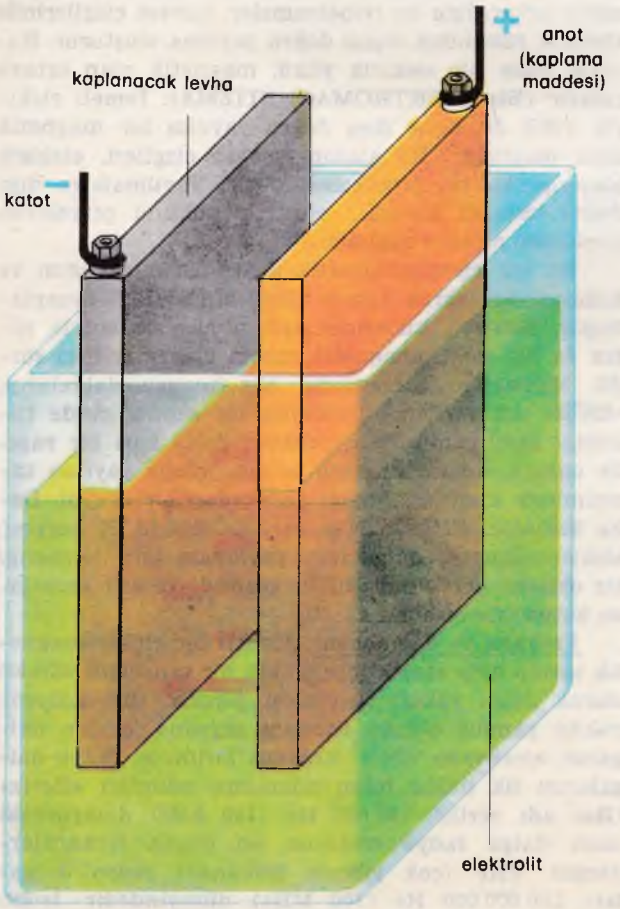
Endüstride kullanılan kaplama çözeltileri: Bu tür çözeltiler, ağır metaller ile bazı tuzların sudaki çözeltilerinden oluşur. İstenen özellikleri (sözgelimi parlaklık, sertlik, işlenebilirlik, düzgünlük, iç yüzeylerde yeterli kalınlık verici) sağlamak için bu çözeltiye çeşitli maddeler (genellikle organik bileşikler) katılır.

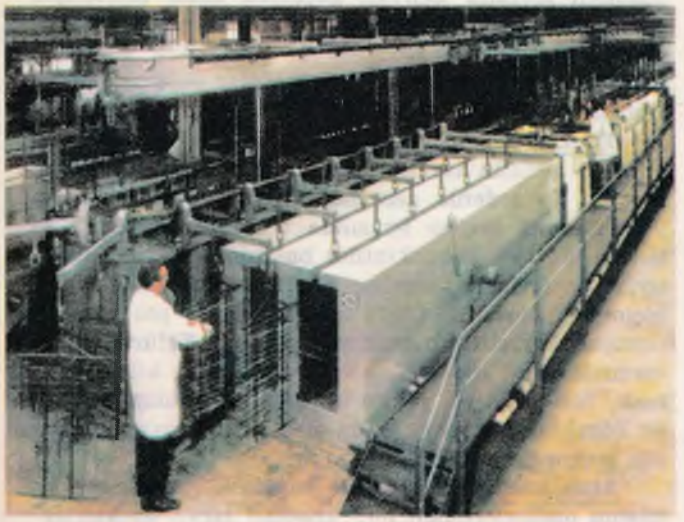
Elektrolizle kaplanan başlıca metal, çeliktir. Ancak, demir içermeyen metal ve alaşımlar da çeşitli türden metallerle kaplanır. Elektrokimyasal dizide alüminyumun altında yeralan metallerin çoğu, sudaki kaplama çözeltileriyle başka metallerin üstüne kaplanabilir. Elektrokimyasal ya da elektromotor dizi, bir metaller listesidir. Bu listedeki bir metal, listenin daha altında bulunan bir metalin, yerini alabilir. Dizideki başlıca metaller sırasıyla, sodyum, magnezyum, çinko, krom, demir, kobalt, nikel, kalay, kurşun, (hidrojen), bakır, cıva, gümüş, platin ve altındır (hidrojenden önceki metaller, hidrojeni asitlerden açığa çıkarırlar).

Endüstride, elektroliz yoluyla kaplanan metaller genellikle krom ve nikeldir. Ama, kadmiyum, kobalt, bakır, altın, iridyum, demir, kurşun, pladyum, platin, rodyum, gümüş, kalay ve çinko da kullanılabilecek metaller arasındadır. Özel amaçlar için, iki ya da daha çok metal, alaşım kaplamaları biçiminde, aynı anda bu işlemden geçirilebilir. Sözgelimi, bakır-çinko (pirinç), bakır-kalay (bronz), kurşun-kalay, kurşun-kalay-bakır, kalay-nikel ve nikel-kobalt, bu biçimde işlenebilir.

Süsleme ve koruma amacıyla yapılan kaplamalar: Çeşitli ev eşyaları, kapı kolları, otomobil tamponları

Elektrolizle kaplama. (altta) Plakalar arasından akım geçirildiğinde, metal, anottan elektrolite geçer ve katot yüzeyinde birikir.





Otomatik bir kaplama fabrikasında, nikel ve krom kaplanan fırın raflarının boşaltılması. Temizleme işleminden sonra, 21 dakika süreyle nikel kaplama, 5 dakika süreyle de krom kaplama işlemi sürdürülür. Daha sonra, metal yıkanır ve kurutulur.

ve jant kapakları gibi kaplama nesnelere süsleme ve koruma amacıyla yapılan kaplamaların, parlak olması istenir. Geçmişte bu parlak kaplama, kaplamanın belirli aşamalarında mekanik cilalamayla gerçekleştiriliyordu. Ancak, her işlemden önce metalin yağdan temizlenmesini gerekli kıldığından, mekanik cilalama hem çok zaman alıyor, hem de pahalı oluyordu. Bu nedenle, ayna gibi parlak bir yüzey bırakacak biçimde metal birikintinin biçimini etkileyen ve organik katkı maddeleri içeren «parlak» kaplama çözeltileri geliştirildi.

Elektrolizle kaplama kuruluşları: Elektrolizle kaplama otomatik, yarı otomatik, elle ya da fıçıda kaplama yöntemiyle yapılabilir.

Otomatik, yarı otomatik ve elle çalıştırılan makinaların bulunduğu kuruluşlarda metaller, ya tek tek işleme sokulur ya da ayrı ayrı çözeltinin içine sarkıtılarak, kaplama gerçekleştirilir. Fıçıda kaplama yöntemindeyse, küçük eşyalar, hiç bir bağlantıya gerek duyulmadan, toplu halde çözeltiye atılır. Otomatik makinalardan yararlanan kuruluşlarda, kaplanacak parçalar, ön işlem, kaplama ve son işlem aşamalarından hiç el değmeden geçirilir. Bu fabrikalar, büyük çaplı üretim için elverişlidir. Yarı otomatik makinalarda ürün, bir banyodan ötekine elle taşınır. Elle çalıştırılan makinalarda ise, bütün işlemler elle denetlenmektedir.

Kaplama, altın, radyum ve platin gibi pahalı metallerin elektrobirikimi için kullanılan birkaç litrelik kaplardan, büyük otomatik fabrikalarda nikel ve krom kaplama için kullanılan birkaç bin litrelik kazanlara kadar değişik boyutlu teknelerde gerçekleştirilir. Kullanılan akım, ürünün toplam yüzey alanına bağlıdır; bu yüzden, akım yoğunluğu (amper/birim alan) olarak belirtilir. Akım yoğunluğu, yüzeyde birikecek metale, banyo bileşimine ve sıcaklığa bağlı olarak, bazı asal metallerde olduğu gibi 0,002 A/cm²'den, belli nikel çözeltileri ve krom banyoları için 0,5 ya da daha çok A/cm²'ye kadar değişir.

Fıçıda kaplama yöntemi, vidalar ve somunlar gibi küçük nesnelerin kaplanmasında kullanılır. Kaplanacak parçalar, ya dışardan anodu bulunan delikli bir fıçıyla banyoya batırılır ya da çözeltisini de içinde taşıyan, içten anotlu bir fıçının içine konur. Bu sonuncu yöntemin yararı, az miktarda çözelti kullanımı ve delikli fıçılardan düşebilecek, gerçekten küçük parçaları işleyebilme özelliğidir.

ELEKTROMAGNETİK IŞINIM

Işık, radyo dalgaları ve X ışınları, birbirleriyle bağlantısız gibi görünmelerine karşın, aynı ışınımın, yani *elektromagnetik* ışınımın değişik türleridir. Gerçekte bunlar, bir elektrik yükü giderek hız kazandığında ortaya çıkan, ENERJİ dalgalarıdır.

Bir elektrostatik yük, sözgelimi ELEKTRON gibi yüklü bir tanecik, *kuvvet çizgileri*yle çevrilidir. Kuvvet çizgileri, elektronun yanına benzeri bir yük getirildiğinde, bu yükün hareket edeceği doğrultuyu da gösterir. Yüklü tanecik aşağı yukarı hareket ettirilirse, yolun uç noktalarında hızı, önce azalır sonra yeniden artar. İşte bu ivmelenmeler, kuvvet çizgilerinde elektrik yükünden dışarı doğru yayılma oluşturur. Hareket eden bir elektrik yükü, magnetik alan ortaya çıkarır (Bk. ELEKTROMAGNETİZMA). İvmeli elektrik yükü de, gene dışa doğru yayılan bir magnetik alan oluşturur. Bu alanın kuvvet çizgileri, elektrik alanının kuvvet çizgilerine diktir. Yayılmaların dışa doğru hareket hızları, elektrik yükünü çevreleyen maddenin cinsine bağlıdır.

Bu tür elektromagnetik uyarımların varlığını ve hızlarını ilk olarak James Clerk MAXWELL hesaplamıştır. Maxwell, hızlarının aynı olması nedeniyle, ışığın da bir elektromagnetik ışınım olacağını ileri sürdü. Maxwell'in zamanında, söz konusu dalgaların, «ESİR» adı verilen bilinmeyen bir ortam içinde titreştiği sanılıyordu. Esir, çelikten daha katı bir yapıda olduğu, ama varlığının ancak, içinde yayılan titreşimlerle kanıtlanabildiği varsayılan bir öğeydi. Daha sonraları EİNSTEİN'in özel GÖRECELİK kuramı, elektromagnetik dalgaların yayılması için herhangi bir ortama gerek olmadığını gösterdi ve esir varsayımı bütünüyle ortadan kalktı.

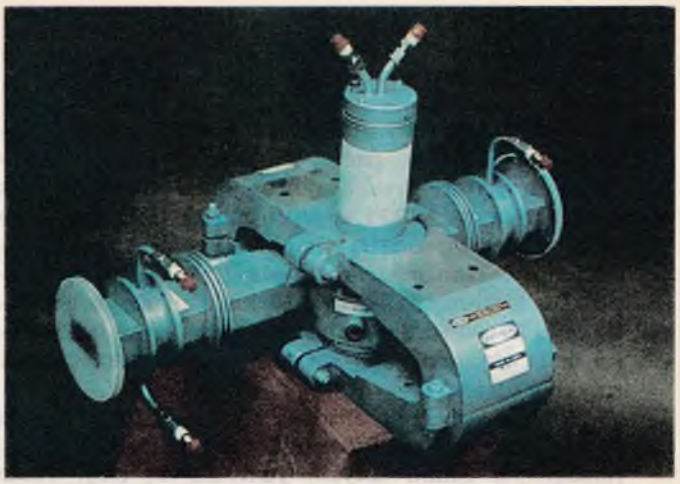
Frekans ve dalgaboyu: Sürekli bir elektromagnetik ışınım elde etmek için, yüklü bir taneciğin sürekli olarak aşağı yukarı titreşmesi gerekir. Bir saniyede yükün yapmış olduğu titreşim sayısına, oluşan dalganın «*frekansı*» denir. Frekans birimine, radyo dalgalarını ilk bulan bilim adamının adından «*Hertz*» (Hz) adı verilir. 150 000 Hz (150 kHz) dolayındaki uzun dalga radyo frekansı, en düşük frekanslardandır. VHF (çok yüksek frekanslı) radyo dalgaları, 100 000 000 Hz (100 MHz) düzeyindedir. Işığın

frekansı çok daha büyüktür (600 000 GHz); X ışınınkiler ise, 3 000 000 000 GHz'i aşar.

Elektromagnetik ışınımlar birbirlerinden, dalgaboylarına (dalganın iki tepe noktası arasındaki uzaklık) göre de ayrılır. Her dalga hareketi için, «dalga hızı = frekans × dalgaboyu» eşitliği geçerlidir.

Daha önce de belirtildiği gibi, elektromagnetik dalgalar, değişik ortamlarda, değişik hızlarla yayılırlar. Dolayısıyle, içinden geçtikleri ortama bağlı olarak, dalgaboyları da değişir. Oysa, frekansları hep aynı kalır. Herhangi bir ışınımın dalgaboyu denilince, onun vakum içindeki dalgaboyu akla gelmelidir. Sözgelimi, bir sodyum lambasından çıkan sarı ışığın, vakum içindeki dalgaboyu 589,3 nanometredir (1 nanometre, 1 metrenin milyarda biridir ve nm olarak gösterilir. Dalgaboyları aynı zamanda, angström birimleriyle de gösterilebilir; buna göre 589,3 nm=5893 angström'dür). Bu dalgaboyu değeri, havada 589,1 nm'ye, cam içinde de 388,6 nm'ye düşer.

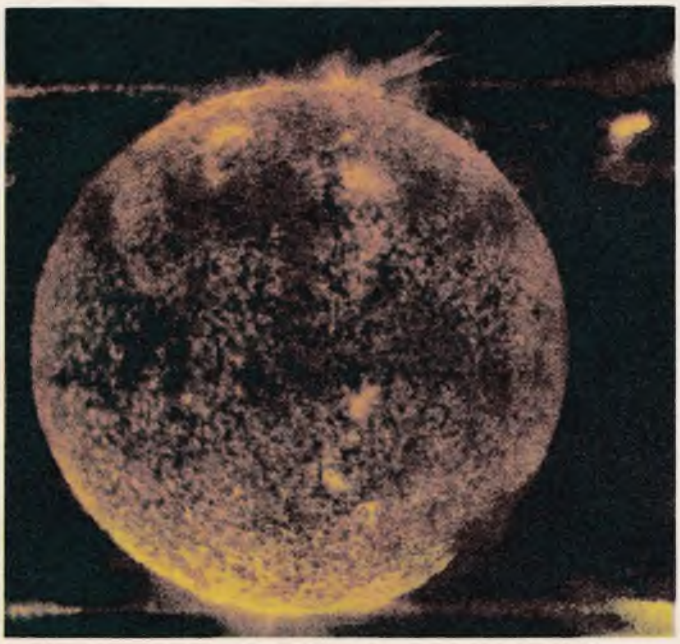
En uzun radyo dalgası, 10 000 m'den büyüktür. Buna karşılık, en kısa dalga (gama ışını), bir atomun çapından daha küçüktür (0,001 nm kadar). Düşük frekanslarda dalgaboyları uzun, yüksek frekanslarda dalgaboyları kısadır.



TV ya da mikrodalga vericilerinin antenleri, elektron sinyalleri veren aygıtlarınkine pek benzemez. Burada yatay bir tüp içinde, yüksek frekanslı bir ışınım demeti oluşturan klistron görülmektedir. (üstte)

Antene gönderilmeden hemen önce, yüksek güçlü UHF ses ve görüntü uyarımlarını birleştiren bir TV kurgu birimi. (üstte)

Güneş, her türden elektromagnetik ışınım yayan sonsuz bir kaynaktır (altta solda), ama tayftaki en üst değeri (sarı), 6 000°C'taki bir kütlenin özelliklerini yansıttığını gösterir. Bazı yıldızlar çok daha sıcaktır ve mavi renkte görünürler. Bazılarıysa, geniş yüzeyleri nedeniyle çok ışık vermelerine karşılık, 3 000°C'ın (bir elektrik ampulünün sıcaklığından az) altındadır. Sıcaklıklar ile renkler arasındaki ilişki, altta sağdaki resimde görülmektedir. Rüzgar tüneli içindeki bu modelin en sıcak bölümü, mavimsi ışık verir.



Radyo dalgaları: Uzunluğu 1 mm'den daha büyük olan elektromagnetik dalgalara, «radyo dalgaları» adı verilir. Frekansa bağlı olma koşuluyla, çok yüksek frekans (VHF) ve aşırı yüksek frekans (UHF) gibi gruplara ayrılırlar. Algılanabilen en uzun dalgaboyunun frekansına, «en düşük frekans» (VLF) denir. Bu frekans, dalgaboyu 10 km'den büyük ışınımlar için, 30 000 Hz'den daha düşüktür. Bu sınırdan daha üstte ise, artık algılanamayan çok düşük enerjili sinyaller yeralır.

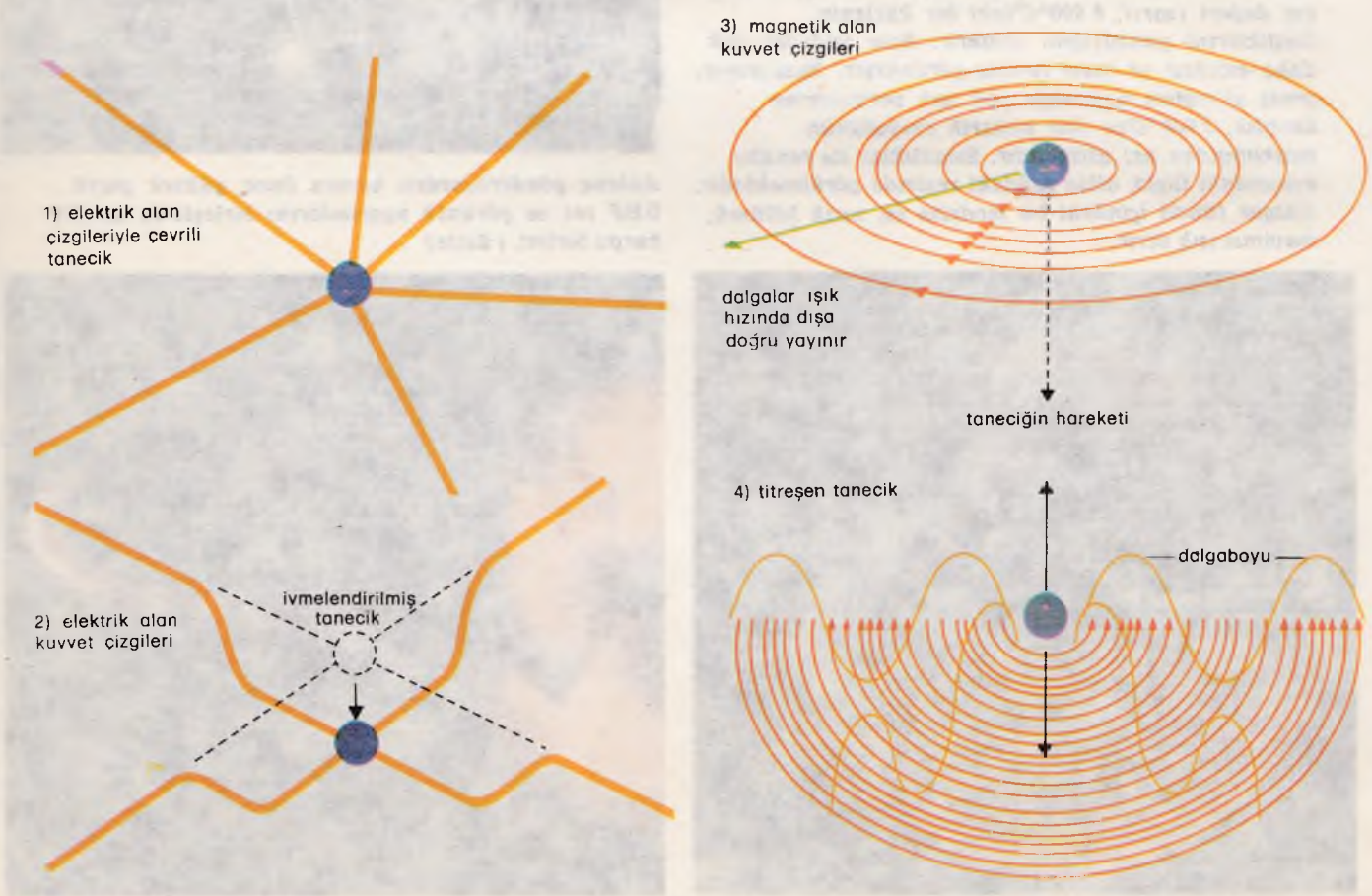
Radyo vericileri, elektrik akımının hızla kesilip verilmesi ilkesine göre çalışır. Devre açılınca, bir elektromagnetik ışınım sinyali, yani kuvvet çizgilerinde bir yayılma oluşur. Devre büyük bir frekansla açılıp kapanırsa, aynı frekansta elektromagnetik ışınım da ortaya çıkacaktır. Bu, ilke olarak radyo vericisinin çalışma yöntemidir: Elektronlar, yayılan dalgaboyuna yetecek bir enerjiyle, verici ANTEN üstünde, seçilen frekansta yayılmaya zorlanır. En yüksek vericinin elde edilmesi için, antenin boyu, yayımlanan dalgaboyu kadar uzun olmalıdır.

Akımı oluşturan elektronlar, akım değişmeleri sırasında hızlanır ve elektrik alanı, verici antene paralel olan elektromagnetik ışınımı ortaya çıkarır. Verici anten düşey doğrultudaysa, dalgalar ancak düşey bir antenle alınabilir; bu durumda ışınımın düşey olarak polarılmasından söz edilir. Benzer biçimde, yatay bir antenin ışınımı, gene yatay bir anten tarafından algılanabilir (elektromagnetik ışınımın her türünde, çok yararlı özellikleri bulunan POLARILMA etkisi sağlanabilir). Elektromagnetik ışınım, alıcı antende elektrik akımı doğurur. Bu akım alıcıda yükseltilir.

Elektronik olarak elde edilebilecek en yüksek frekans, 300 000 000 000 Hz dolayındadır. Bu değer, 1 mm'lik bir dalgaboyuna karşılıktır. «Radyo» terimiyle, genellikle elektronik yöntemlerle ortaya çıkarılan ışınım anlatılır. Dalgaboyu değerinin de, radyo bölgesinin sınırını belirlediği söylenebilir.

Bir katıyı oluşturan moleküllerin doğal titreşimleri kullanılarak, daha yüksek frekanslar elde edilebilir. Bu moleküller elektron içerdiklerinden, titreşim sırasında elektromagnetik ışınım oluştururlar. Katı cisim ne kadar sıcaksa, molekül titreşimi de o kadar artar ve ışıyan dalgaların frekansı aynı oranda yükselir. Bu biçimde oluşan ışınım, genellikle polarılmamıştır; çünkü elektronların çeşitli yönlerde polarıl-

Elektrostatik yüklü bir tanecik (1) hızlandırıldığında elektrik alan çizgilerinde (2) oluşan yayılımlar. Bu yayılımlar, magnetik alan çizgilerini (3) de dalgalandırır. Titreşen bir yük (4), doğrultuları birbirine dik olan sürekli elektrik ve magnetik alanlar oluşturur.



ması, birbirlerini yok etmelerine yolaçar.

Siyah cisim ışınımı: Değişmez sıcaklıkta tutulan bir cisimden çıkan ışınımlar bile, aynı dalgaboyunda değildir. Yayılan dalganın enerjisinin frekansa bağlı değişimi, değişik sıcaklıktaki cisimler için çizelgede gösterilmiştir. Bu, bir siyah cismin kuramsal davranışına bağlı olarak hesaplanmış, kuramsal bir eğridir. Siyah cisim, üstüne düşen bütün ışınımları yutar ve daha sonra bunları değişik dalgaboylarında salar. Kapalı bir fırına yerleştirilen bütün cisimler, buna benzer bir özellik gösterir. Güneş sıcaklığında bir kütle, enerjisinin büyük bölümünü, 520 nm düzeyindeki dalgaboylarında salar. 520 nm, yeşil rengin dalgaboyudur. Oda sıcaklığındaki bir cismin yaydığı ışınım çok azdır (10 000 nm) ve tayfın görülebilen bölgesinin dışında, (kızılaltı) kalır. Kızılaltı ışınım, elektromagnetik tayfda görünen bölge ile radyo bölgesi arasında yeralır.Dalgaboyu 1 mm'den küçük olan radyo dalgalarına, «mikrodalga» adı verilir; bunlar, kızılaltının bazı özelliklerini taşır. Kızılaltı ışınımın başlama sınırı, 1 mm dalgaboyu dolayındadır.

Bu ışınımın radyo ışınımından ayrıldığı nokta, radyo dalgalarının elektronik olarak, kızılaltı ışınımın ise ısıl olarak oluşmasındadır.

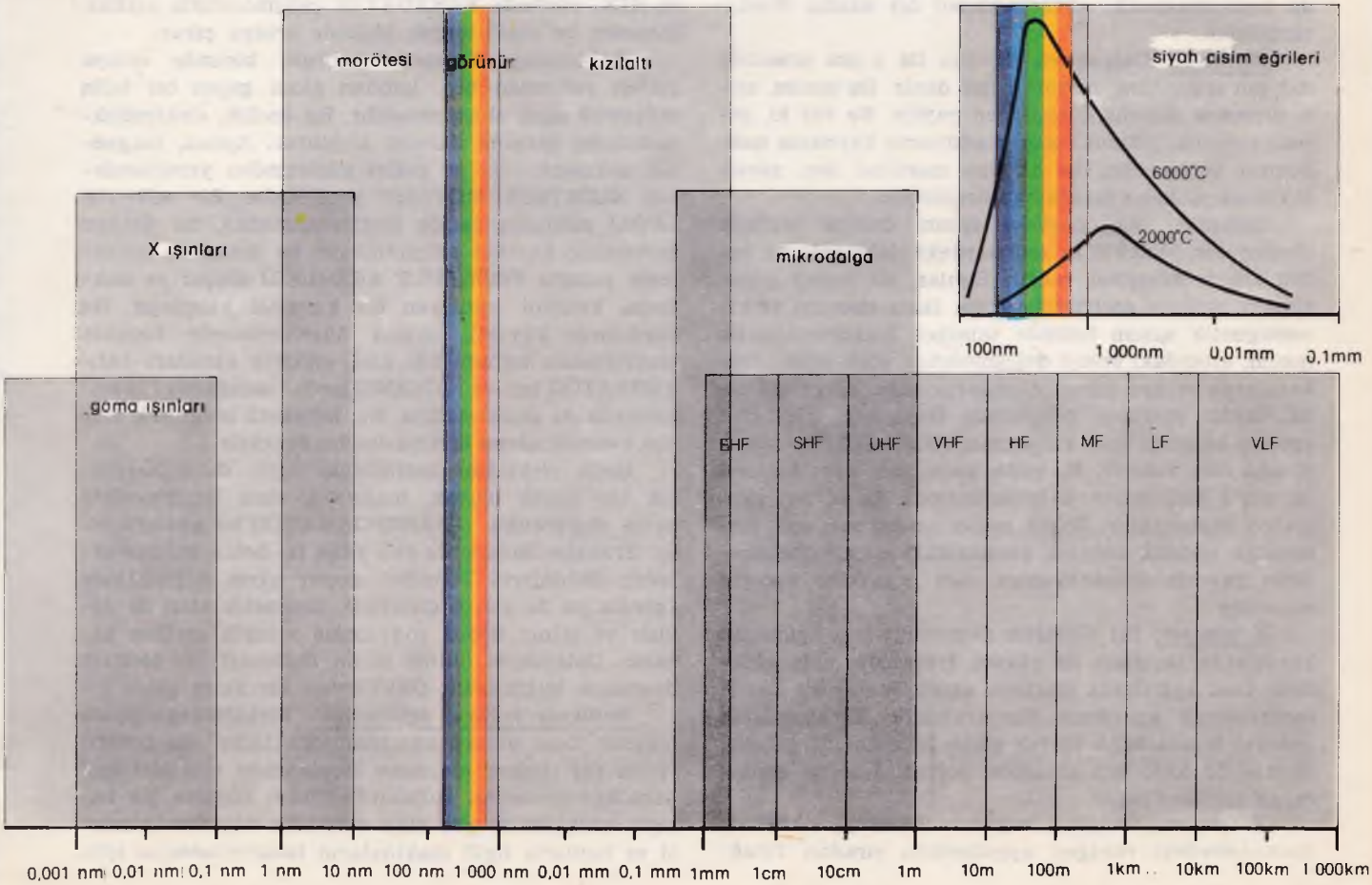
Kızılaltı ışınım genellikle «ısıl ışınım» olarak düşünülür. Bunun nedeni, daha çok enerji yayması değildir; çünkü, sözgelimi Güneş, görünür ışık biçiminde kızılaltı ışın yayan kaynaklarda, çok daha fazla enerji salar. Asıl neden, oda sıcaklığındaki cisimlerin moleküllerinin, kızılaltı ışığın frekansıyla titreşmesidir. Böylece ışınım enerjisi, doğrudan doğruya titreşen moleküllere geçer. Ek enerji, molekülleri daha hızlı titreştirir; bu da ısı olarak algılanır. Ancak, Güneş'ten çıkan sarı ışık, herhangi bir cismi, kızılaltı ışıktan çok ısıtır.

Kızılaltı ışınım, radyo dalgası alıcısıyla algılanamaz. BOLOMETRE ve bazı elektronik aygıtlarla ölçülebilir. Bolometre, aldığı toplam ışınımın şiddetini ölçer.

Işık: Görünen ışığın dalgaboyu, kızılaltı ışığın dalgaboyundan daha kısadır: 390-750 nm. Göz, farklı dalgaboylarını, farklı renkler olarak algılar. 680 nm

Elektromagnetik tayfın tümü. (altta) Her bölüm için farklı bulucular gerekir: Göz, yalnızca görünür bölgedeki renkleri algılar; radyo alıcısı, radyo tayfındaki frekansları algılayabilir.

Üst - üste çizilmiş iki siyah cisim eğrisi. (altta) Biri Güneş'ten (6 000°C), ikincisi bir elektrik ocağından (2 000°C) salınmakta olan ışınımın dalgaboylarını göstermektedir.



kırmızı, 560 nm sarı, 500 nm yeşil, 420 nm mavi, 400 nm mor olarak görünür. Işık gözle, fotoğraf kağıdıyla ya da FOTOSEL'le algılanabilir.

Söz konusu organ ve aygıtların, neden kızılaltı ışınları algılamadığını anlamak için, elektromagnetik ışınımın kesiksiz bir enerji akımı olmadığını bilmek gerekir. Kızılaltı ışınımda enerji, kuvantumlar (ya da fotonlar) adı verilen enerji paketçikleri biçiminde verilir. Her kuvantumun (Bk. KUVANTUM KURAMI) enerjisi, ışınımın frekansına bağlıdır: Enerji (jul olarak) = $66 \times 10^{-38} \times$ frekans (Hz olarak). Oysa, sözgelimi 100 watt'lık bir ampul, saniyede 100 jullük bir enerji yayar (yüksek frekanslarda, yüksek enerjili fotonlar bulunmaktadır).

Görünen ışık frekansındaki fotonun enerjisi, yalnızca 4×10^{-19} juldür. Ama bu değer, bazı kimyasal tepkimeleri başlatmaya yeterlidir. Sözgelimi, gözdeki sinir hücresini uyararak, beyne sinyal ulaştırılabilir ya da fotoğraf FİLM'indeki gümüş bileşimini, gümüş metaline dönüştürerek, görüntünün belirmesini sağlayabilir.

Fotoğraf makinası POZOMETRE'si ve benzeri aygıtlar, buluculardaki elektronların enerjisini yükselten ışık kuvantumlarının enerjisiyle çalışır. Değişiklikler bir göstergede belirtilir. TV kameralarında ve FOTOÇOĞALTICI TÜP'te ise, bunun tersi görülür. Katottan gelen ışın, elektronları ayırarak serbest duruma getirir. Bunlar da, elektrostatik bir alanda hızlandırılarak, yükseltilebilen bir akıma dönüştürülürler.

Morötesi: Dalgaboyu 390 nm ile 1 nm arasında değişen ışınımlara, morötesi ışık denir. Bu ışınım, aşırı derecede ısınmış kütlelerden yayılır. Ne var ki, gerekli sıcaklık, bilinen bütün maddelerin kaynama noktasının üstündedir; bu yüzden morötesi ışın, ancak çok sıcak yıldızlar tarafından üretilebilir.

Dünya'da ise, morötesi ışınım değişik biçimde oluşturulur. Molekül ve atomlardaki elektronların, belirli enerji düzeyleri vardır. Bunlar, bir enerji düzeyinden ötekine geçirildiklerinde, fazla enerjiyi elektromagnetik ışınım halinde salarlar. Elektromagnetik ışınım, atomdaki enerji değişmelerine göre, belirli frekanslarda ortaya çıkar. Atomların çoğu, sözgelimi civa, tayfın morötesi bölgesinde frekanslar oluşturur (güneş banyosu için kullanılan MORÖTESİ LAMBASI'nda civa vardır). Bu yolla, atomların aynı zamanda gözle görülebilen dalgaboylarında da ışınım yapmaları sağlanabilir. Sokak lambalarının sarı ışık vermesinin nedeni, sodyum atomundaki enerji değişmesinin yaydığı dalgaboyunun, sarı ışığınkine eşdeğer olmasıdır.

X ışınları: Bir elektron demetinin hızı apansızın yavaşlatılarak, daha da yüksek frekanslar elde edilebilir. Özel aygıtlarda elektron akımı, metal bir anoda çarptırılarak apansızın durdurulabilir. Elektronların hareket hızına bağlı olarak çıkan ışınımın dalgaboyu, 10 nm ile 0,001 nm arasında değişir. İşte bu ışınlara, «X ışınları» denir.

X ışınları, fotoğraf kağıdını kolayca etkilerler. Hastanelerdeki röntgen aygıtlarında sıradan fotoğraf filmleri kullanılır. Eğer resim gerekmiyorsa, TANECİK BULUCU'ları da kullanılabilir. Bunların birçok türü (GEİGER SAYACI gibi) vardır, ama tümünün ilkesi aynıdır.

Gama ışınları: Atom çekirdeğindeki doğal olaylar, daha da kısa dalgaboyları oluşturur. Tıpkı elektronda olduğu gibi, çekirdek içindeki protonun da enerji düzeyi değişebilir. Ne var ki, bu durumda yayılan frekans çok yüksek, dalgaboyu da 0,01 nm'den kısadır. Bu dalgalara «gama ışını» denir. Gama ışınları, günümüzde bilinen en kısa elektromagnetik dalgadır. Elektromagnetik ışınımın, tayfın iki ucu arasında önemli değişiklikler göstermesine ve bunların oluşturulup algılanmasının değişik aygıtlarla gerçekleşmesine karşın, olay temelde aynıdır: Elektrik yüklü taneciklerin hızlandırılmasıyla elektrik ve magnetik alanlarda oluşan uyarımlar sonucu ortaya çıkar.

ELEKROMAGNETİZMA

Doğal mıknatısın bir demir ya da çelik parçasını çekmesi, bütünüyle *magnetik* bir etkidir. Bir güç kaynağının herhangi bir teli ısıtacak biçimde akım vermesi ise, bütünüyle *elektriksel* bir etkidir. Ancak, hem magnetizmayı, hem de elektriği içeren bir etki görülürse, elektromagnetizmadan söz edilir. İlk kez Danimarkalı bilgin OERSTED tarafından gözlemlenen ve XIX. yüzyılda FARADAY'ın çalışmalarıyla açıklık kazanan bu olay, birçok biçimde ortaya çıkar.

Elektromagnetizmanın belirgin biçimde ortaya çıktığı yerlerden biri, içinden akım geçen bir telin magnetik alan oluşturmasıdır. Bu özellik, elektromıknatısların çalışma ilkesini oluşturur. Ayrıca, magnetik alanların itici ve çekici güçlerinden yararlanılarak ELEKTRİK MOTORU yapılmıştır. Bir mıknatıs (doğal mıknatıs ya da elektromıknatıs), bir iletken çevresinde hareket ettirildiğinde, bu iletkende indükleme yoluyla FOUCAULT AKIMLARI oluşur ve mıknatıs, kendini frenleyen bir kuvvetle karşılaşır. Bu durdurma kuvveti, uygun düzenlemelerle hareket oluşturmada kullanıldığı gibi, elektrik akımları (ALTERNATÖR'ler ve DİNAMO'larda olduğunca) oluşturmada da kullanılabilir. Bu, hareketli magnetik alanın, elektrik akımı üretmesine bir örnektir.

Gene elektromagnetizmayla ilgili, daha karmaşık bir örnek olarak, magnetik alan *değişmesinin* akım doğurduğu TRANSFORMATÖR'ler gösterilebilir. Transformatörlerde yan yana iki bobin bulunmaktadır. Bobinlerin birinden geçen akım değiştiğinde (genlik ya da yön değişikliği), magnetik alan da değişir ve ikinci bobin, indükleme yoluyla gerilim kazanır. Dolayısıyle, ikinci bobin herhangi bir elektrik devresine bağlanırsa, DEVRE'den bir akım geçer.

Andırma yoluyla açıklama: Elektromagnetizma olayları, tam olarak anlaşılamamaktadır. Bu nedenle, bu tür fiziksel olayların incelenmesi için andırma (analoji) modelleri kullanılmaktadır. Böylece, ilk bakışta anlaşılması güç olan olayların değerlendirilmesi ve bunlarla ilgili makinaların tasarımlanması için,

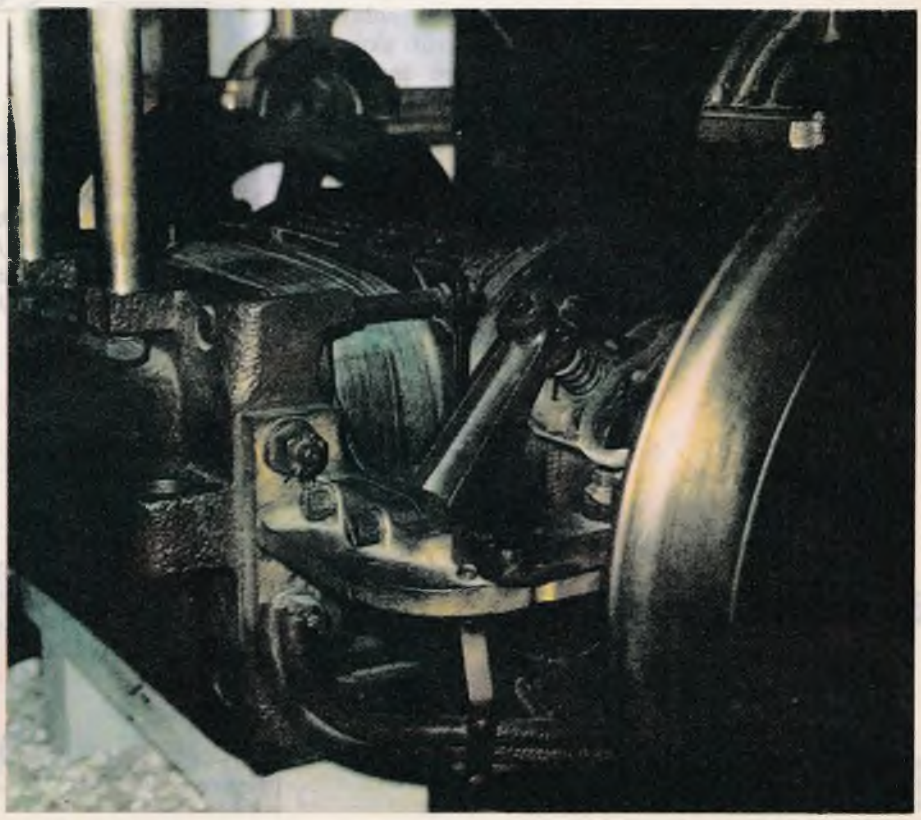
yardımcı bir olanak ortaya çıkarılmış olur.

Elektrik devrelerinde telden akan elektronlar, bir borudan akan suya benzetilebilir. Suyun borudan akması için basınç gerektiği bilinmektedir. Elektrik devresinde de aynı işi gören basınca, «*elektromotor kuvvet*» ya da «gerilim» adı verilir. Bu andırma, şu özelliği de ortaya çıkarmaktadır: Su borusundaki sürtünme direnci, borunun boyu arttıkça fazlalaşır, kesiti daraldıkça azalır. Buna karşılık, bir iletkenin boyu arttıkça direnci artar, kesiti arttıkça direnci azalır. Yeni bir andırma modeliyle bir *magnetik devre*den söz edilebilir. Bu devrenin itici gücü «*magnetomotor kuvvet*» diye tanımlanır; taşıdığı «madde» ise, elektron akımı kadar bile somut değildir. Buna «*magnetik akı*» denir. Ancak, birçok araştırıcı ve yazar, «akı» sözcü-

Faraday'ın diskli dinamosu. (solda) Disk, bakırdandır ve bir at nalı mıknatısın kolları arasına yerleştirilmiştir. Diskin ortasından, fırçalarla alınan akım, dıştaki devreye bağlanır. Disk döndüğü zaman, fırçalar arasında bir gerilim indüklenir.

1,35 m çapında elektromagnetik vinç. (altta solda) Bir tondan fazla ağırlık kaldırabilir (resimde, orta büyüklükte çelik hurda kaldırırken görülmektedir).

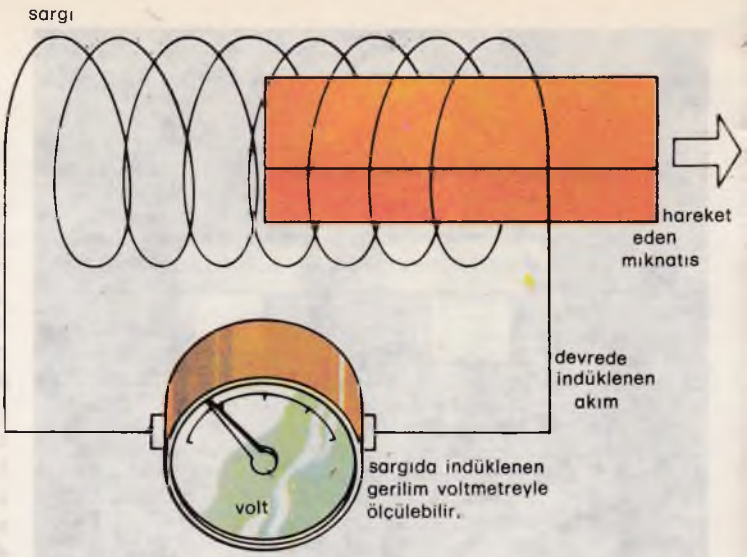
Elektrik motoru. (altta sağda) Motor, dinamo gibi bir elektromagnetik aygıttır. Çalışma ilkesi, akım taşıyan bir iletkene, magnetik alanda bir kuvvet etkimesine dayanır.



günün kullanılmasına karşın, gerçekte, herhangi bir akışın söz konusu olmadığını belirtmektedir. Magnetik akı, yalnızca bir kavramdır. Bu kavramın doğru olup olmadığı, uygulamada yararlı sonuç verip vermediğine bağlıdır. Bazı durumlarda, akının hareketsiz olduğunu düşünmek daha uygun olabilir; çünkü bir anlamda akı, *depolanmış* enerjiyi simgelemektedir ve elektrik akımının bir telden geçişi sırasında ortaya çıkan sürekli güç yitimleri, burada söz konusu değildir. Bazı durumlarda da, akının elektrik akımının andırma eşleniği olarak ele alınması daha uygundur. Böylece, bir elektrik devresindeki İNDÜKTANS'ın ve SIĞA'nın özelliklerini andıran bir magnetik devre düşünülebilir.

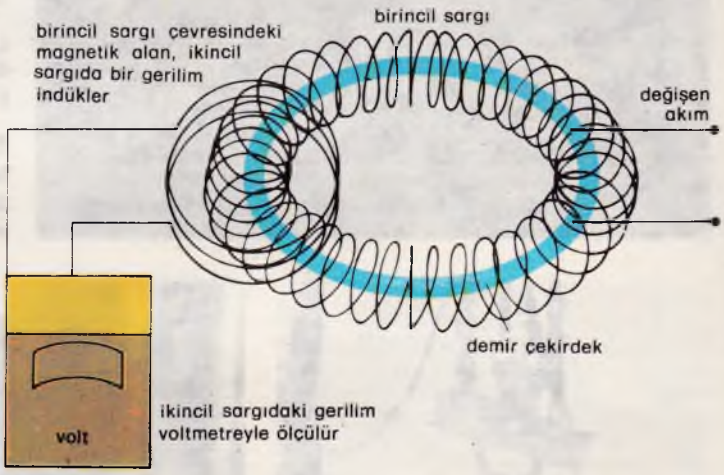
Elektrik ve magnetik devrelerin bağdaştırılması : Elektrik motorları, jeneratörler, transformatörler söz konusu olduğunda, bunların her birinde, en az bir elektrik, bir de magnetik devre bulunduğunu akıldan çıkarmamak gerekir. Magnetik devrelerde, elektrik devrelerindeki yalıtkanlara benzetilebilecek herhangi bir madde bulunmadığından, bir makinada iki ya da daha çok sayıda elektrik devresi bulunsa bile, yalnızca bir tek magnetik devre olacaktır. Ayrıca, aynı nedenden ötürü, makinalardaki elektrik devreleri, çok sarımlı ve yalıtkan telli bobinlerden oluşturulurken, magnetik devreler kısa, kalın ve tek sarımlı olarak tasarımlanır.

Bu yüzden, elektromagnetizma, «elektrik ve magnetik devrelerin *bağdaştırılması*» diye tanımlanabilir. Böyle bir bağdaştırma, devrelerden birinde bir gücün dolaşması sonucu, bunun ikinci devrede de bir akım dolanımı olarak izlenebileceğini belirtir. Sözgelimi, bir transformatörün birincil sarımlarındaki alternatif gerilim, sarımda bir alternatif akım oluşturur. Bu, ikincil sarımlarda bir gerilim indükler. İkincil sarımlar bir elektrik devresine bağlandığında, devreden bir akım geçecektir.

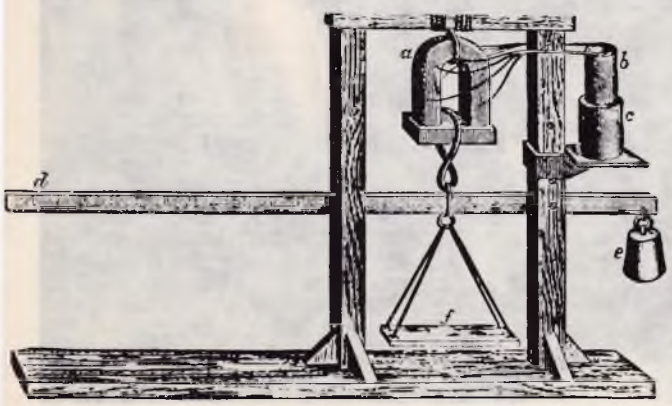


Bir mıknatıs, bir bobin içinde hareket ettirildiğinde, voltmetreden okunabilen, bir gerilim indüklenir. (üstte)

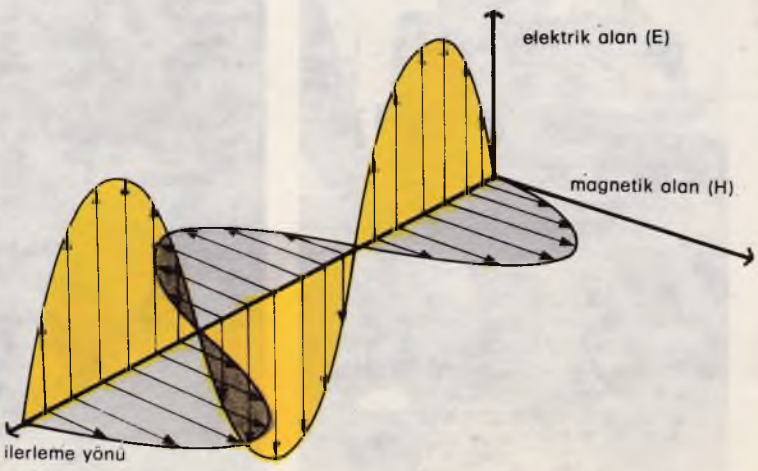
Transformatör, bir demir çekirdek üstüne sarılmış iki ayrı bobinden oluşur. Birincil bobinin uçlarına bir akım uygulandığında, magnetik bir alan oluşur. Bu alan, ikinci bobinde bir gerilim indükler. (altta)

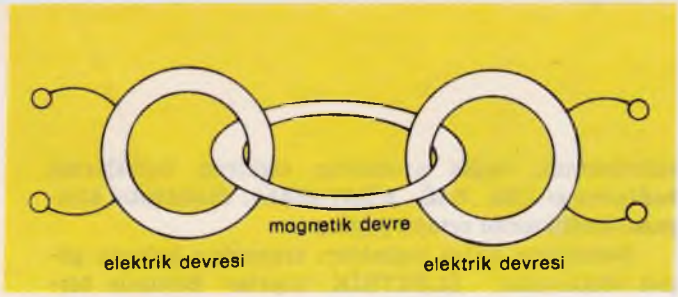


Çizimde (altta solda) görülen kantarı Joseph Henry (1797-1878), ağır yükleri kaldırmak için tasarımlamıştır. Buradaki kaldırma kuvveti, bir elektromıknatıstan sağlanmaktadır. Henry, elektromagnetizma konusunda birçok araştırma yapmıştır.

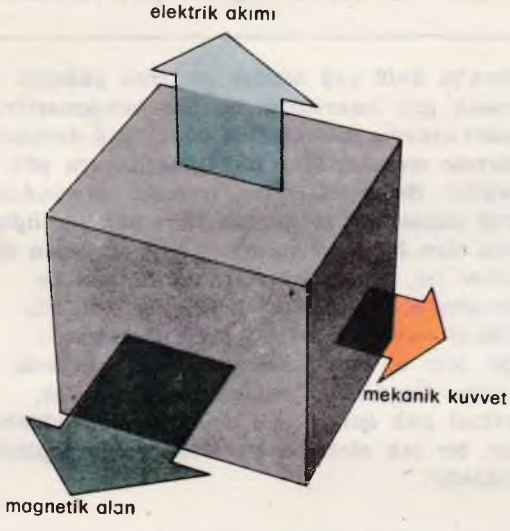


Bir elektromagnetik dalganın fiziksel görünümü. Elektrik bileşen (E) bir düzlem içinde titreşirken, buna dik ikinci düzlem içinde de magnetik alan (H) titreşir. Dalga, ışık hızıyla yol alır. (altta)





Magnetik ve elektrik devrelerin bağlantılı biçimde düşünülmesi, elektromagnetizmanın temelini oluşturur. Üstteki çizim, bir transformatördeki elektrik ve magnetik devreleri göstermektedir.



Elektromagnetik olaylarda, elektrik akımı, magnetik alan ve mekanik kuvvet birbirine dik doğrultuda ortaya çıkar. Bunların paralel bileşenleri etkileşime girmez. (üstte)

Elektromagnetik aygıtları en iyi biçimde tasarımlamak için mühendisler, elektrik ve magnetik devrelerin olabildiğince kısa tutulmasına çalışırlar. Çünkü, böylece, devrelerde enerji yitimi en alt düzeye iner. Ayrıca, kesit alanlarının da olabildiğince büyük tutulması gerekir; o zaman, etkileşim alanları artacağından, aygıtın verimi de yükselir. (sağda)

En yalın elektromagnetik aygıt, çekirdekli bir sargıdır. (solda) Bir demir çekirdek çevresine sarılan telden akım geçince, doğal bir mıknatıs gibi çalışan sistem elde edilir.

Vektörel nicelikler: Elektrik motorlarının döndürücü bir kuvvet üretmesi istenir. Kuvvet, akı ile akımın çarpımından elde edilir. Ancak bu, sıradan bir çarpma işlemi olamaz; çünkü etkin akı ve akım, birbirini dik açıyla kesmektedir. Büyüklüğü, doğrultusu ve yönü belli olan niceliklere *«vektör»* denir. Vektörlerin birbiriyle etkileşimleri söz konusu olduğunda, bunların büyüklükleriyle birlikte, doğrultuları ve yönleri de hesaba katılmalıdır. Elektrik motoru örneğinde, adı geçen kuvvet vektörü, akı ve akım vektörlerinin *vektörel çarpımı* sonucu bulunabilir. Akı ve akım vektörlerinin birbirine dik olmadığı noktalarda, bu vektörlerin paralel ve dik bileşenleri göz önüne alınabilir; ama güç vektörünü veren, bunların yalnız dik bileşenleridir. Ayrıca kuvvet vektörü, her zaman, akı ve akım vektörlerinden her ikisine de dik doğrultudadır.

Vektörel çarpımlar ya da daha geniş anlamıyla, vektör matematiği, deneysel olarak gösterilebilen bu nicelikleri matematik olarak tanımlama olanağı verir. Bu da, andırma yöntemine bir başka örnektir.

Elektromagnetik ışınım: Elektromagnetizmanın ilkeleri, yalnızca elektrik motorları ve jeneratörlerin tasarımlanmasıyla sınırlı değildir. Araştırma konularına bağlı olarak değişik adlar alan çeşitli olaylara, «ELEKTROMAGNETİK IŞINIM» denir. Gama ışınları, X ışınları, morötesi ışınlar, kızılötesi ışınlar, beyaz ışık ve radyo dalgaları, aynı yapıda elektromagnetik ışınımlardır. Bunlarda, magnetik ve elektrik enerji, sürekli bir arada bulunur: ancak, magnetik uyarımlar ile elektrik uyarımların oluştuğu düzlemler, dalganın yayılma doğrultusu boyunca birbirine diktir. Tümünün hızları aynıdır (yaklaşık 300 000 km/san kadar). Bir tür ışınımı bir başkasından ayırt etmeye yarayan tek şey, dalgaboyudur (ya da frekans). Işınım tayfı, dalgaboyu kilometrelerle belirtilen çok düşük frekanslar ile dalgaboyu bir cm'nin milyarda biri olabilen çok yüksek frekanslar arasında değişir.

Bu yüzden, elektromagnetizmanın konusu, bütün bilimin değilse bile, bütün fiziğin temeli sayılabilir. Dünya, enerji gereksiniminin büyük bölümünü, elektromagnetik ışınım yoluyla güneşten almaktadır. Radyo, televizyon, otomobil ateşleme sistemleri, radarlar, elektrik sistemleri, mikroskop, telefon, elektrik motorları, jeneratörler, vb. birçok buluşun çalışma ilkesi elektromagnetizmaya dayanır.

ELEKTROMETRE Bk. ELEKTROSTATİK

ELEKTROMOTOR KUVVET Bk. ELEKTRİK DEVRESİ

ELEKTRON

Atomu oluşturan taneciklerden biri, elektrondur (Bk. ATOM ve MEKANİZMASI). Elektron, XIX. yüz-

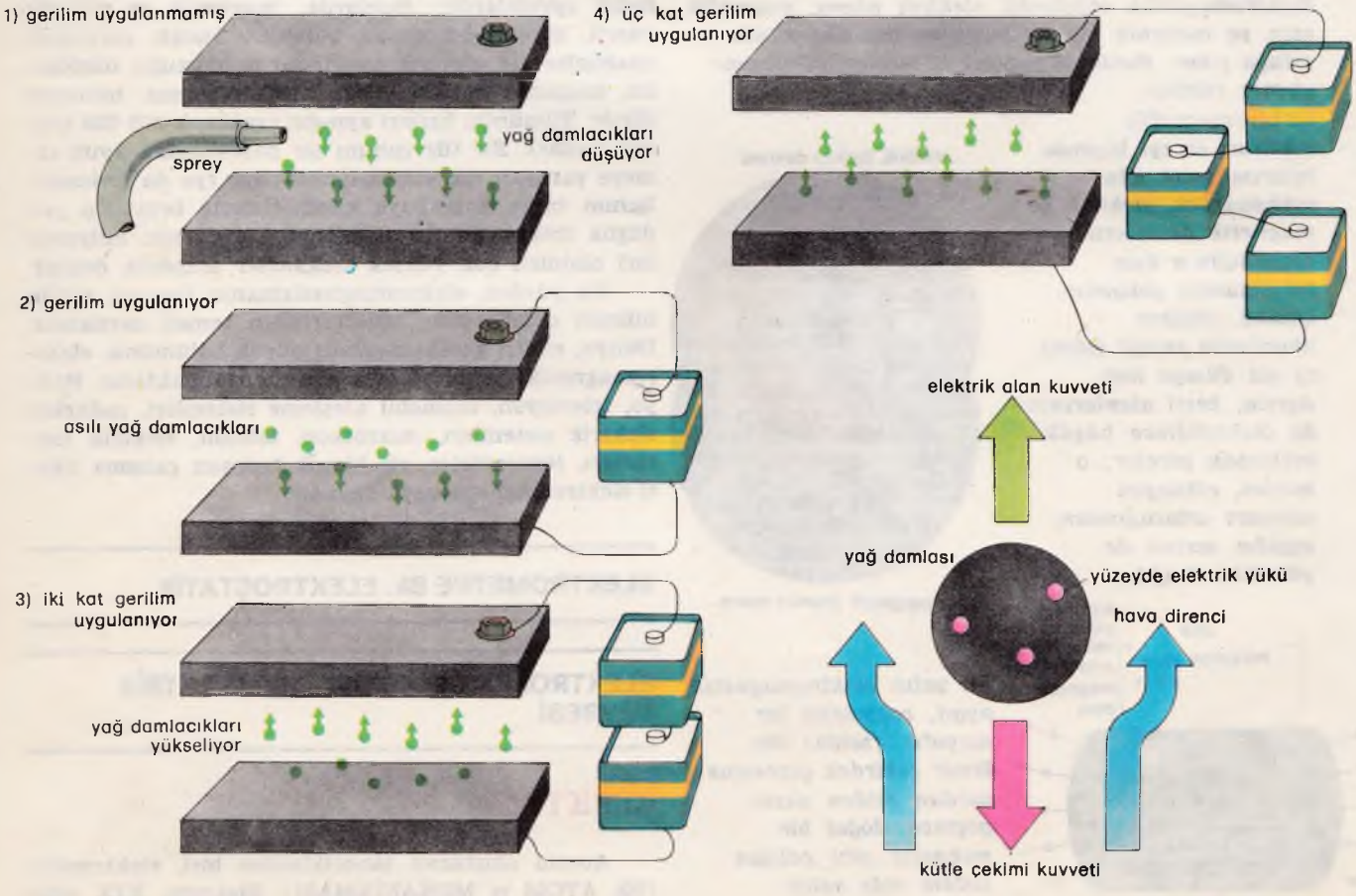
yılın ikinci yarısında, bir dizi deney sonucu bulundu. Bunların en ünlüleri, Cambridge fizikçilerinden J.J Thomson'un yürüttüğü (1897) deneylerdir. Thomson atomun eksi yüklü taneciklerinin, elektriksel kuvvetler yardımıyla koparılabileceğini belirterek, «atomun bölünmezliği ve maddenin temel taşı olduğu» inancını yıkmıştır.

Thomson, havası boşaltılmış bir cam tüp içinde, bir elektrik alan oluşturarak, eksi yüklü elektrotlardan (katot), artı yüklü elektrotlara (anot) doğru giden ve cama çarptıkları noktada aydınlatma oluşturan birtakım cisimlerin varlığını gözledi. Ayrıca, söz konusu cisimlerin magnetik alanda saptığını, dolayısıyle de bunların, atomdan daha hafif eksi yüklü tanecikler olduğunu kanıtladı. Thomson'un deneylerini yürüttüğü KATOT IŞINI TÜPÜ, çeşitli teknolojik gelişmeler sonucu, günümüzde televizyon tüpünü oluşturmuştur.

Elektronlar, atom çekirdeği çevresindeki yörüngelerde dönerler. Bunları yörüngede tutan kuvvet, eksi yüklü elektronlar ile artı yüklü çekirdek arasındaki çekim kuvvetidir ve tıpkı, kütle çekimi kuvvetiyle Dünya'nın Ay'ı yörüngesinde tutmasına benzemektedir. Ağır atomlardaki elektron sayısı, doksanı bulur. Bunlar, bir bulut gibi, çekirdek çevresinde dönerler. Elektronların bir yörüngeden ötekine geçmesi, ışık ve X ışını sağlayan enerji verir. Elektron bulutlarının, başka atomların elektron bulutlarına bağlanması (Bk. BAĞ, KİMYASAL), maddenin kimyasal özelliklerini ortaya çıkarır.

Metallerin kafes boşlukları arasından kolayca geçen elektronlar, ELEKTRİK taşırlar. Bununla birlikte, tek bir elektronun taşıdığı elektrik yükü, çok küçüktür. 100 watt'lık bir elektrik ampulünden bir saniyede geçen akımda, milyarlarca elektron vardır. Dünyamızda önemli rol oynayan bu küçük taneciklerle ilgili öteki sayısal değerler şöyle sıralanabilir :

Millikan'ın ünlü yağ deneyi, elektron yükünü saptamak için hazırlanmıştır. Bir kondansatörün levhaları arasına püskürtülen küçük yağ damlacıkları, püskürtme memesindeki sürtünme sonucu yük kazanırlar. Bu damlacıklar, levhalar arasındaki elektrik kuvvetiyle ve kazandıkları yük niceliğiyle orantılı olan bir hıza ulaşırlar. Hızı etkileyen öteki kuvvetler ise, yerçekimi, havanın direnci ve damlacığın yoğunluğudur. Belirli bir noktada elektriksel kuvvetin değeri, öteki kuvvetlerle eşdeğer olur ve damlacıklar, levhalar arasında asılı kalır. Bu deneyi birçok kez yineleyerek, elektriksel yük için çeşitli değerler elde edilebilir. Bunlar, bir tek elektron yükünün çoklu toplamını vermektedir.



Bir elektronun kütlesi, bir gramın milyar kez milyar kez milyarda biridir; yarıçapı ise, bir santimetrenin on milyon kez milyonda biridir.

Fizik alanında XX. yüzyılda gerçekleştirilen büyük gelişmelerden biri de, elektronların bazen bir tanecik, bazen de dalga gibi davrandıklarının ortaya konması olmuştur. Tanecik davranışına örnek, gümüş bileşimi kaplı fotoğraf kağıdına çarparak iz bırakmalardır. Gene billurdan geçerken oluşturdukları bükülüm saçakları ise, bunların dalga yapısında olduklarında gösterir (bükülüm saçakları, tıpkı bir havuzda iki ayrı yere taşın atılması sonucu yüzeyde oluşan dalgacıklar gibidir). Dalga davranışı gösteren elektron, tanecik gibi davranan elektron için geçilmez sayılan engelleri delip geçebilir. Bu özellik, çağdaş fiziğin açıklığa kavuşturulamamış bilmecelerinden biridir.

ELEKTRONİK

Elektronik, elektronik aygıtların çalışmalarını, uygulanmalarını ve gelişmelerini konu edinen bir bilim ve mühendislik dalıdır. Kuramsal düzeyde FİZİK, KİMYA, TERMODİNAMİK, kuvantum mekaniği ve MATEMATİK gibi konulardan geniş ölçüde yararlanır.

Bir uygulamalı bilim dalı olan elektronik, ELEKTRİK'in bütün konularıyla ilgilenen elektrik mühendisliğinden türemiştir. Günümüzde elektronik endüstrisi, çağdaş dünyanın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Dünyada günümüzde, yaklaşık 800 milyon TRANSİSTÖR'lü radyonun kullanıldığı sanılmaktadır.

Elektronik aygıtlar: Bir elektrik devresinde, belirli bir işlevi yerine getirmek için geçen akımı denetleyen ve belirli elektrik özellikleri içeren çeşitli parçalar bulunur. Elektrik devresini oluşturan parçalardan başlıcaları şunlardır: DİRENÇ ÖĞESİ; KONDANSATÖR; indüktör; ŞALTER; POTANSİYOMETRE. Bunlar, ayrı ayrı yararlı oldukları gibi, çeşitli düzenlemelerde, bir arada da kullanılabilir. Elektronik devreler de, elektrik devrelerinden geliştirilmiştir. Elektronik devrelerde termoiyonik valflar (vakum tüpleri), gaz doldurulmuş tüpler ve YARIİLETKEN'ler gibi aygıtlar bulunur.

Termoiyonik valf ve benzeri aygıtlar: Termoiyonik valfların ve ilgili aygıtların geliştirilmesiyle, elektroniğin uygulama alanı büyük ölçüde genişlemiştir. «Vakum tüpü» de denilen termoiyonik valf, elektronik parçalar arasında önemli bir yer tutar. Temelde, havası boşaltılmış bir cam tüpe yerleştirilen iki elektrottan oluşur. Elektrotlardan biri *(katot)*, ısıtıldığında kolayca elektron salabilecek sezyum gibi bir alkali metalden yapılmıştır. «*Anot*» adı verilen ikinci elektrot ise, genellikle, katoda göre artı gerilimde tutulur. Böylece, elektronların hızlanarak anoda doğru çekilmesi sağlanmış olur.

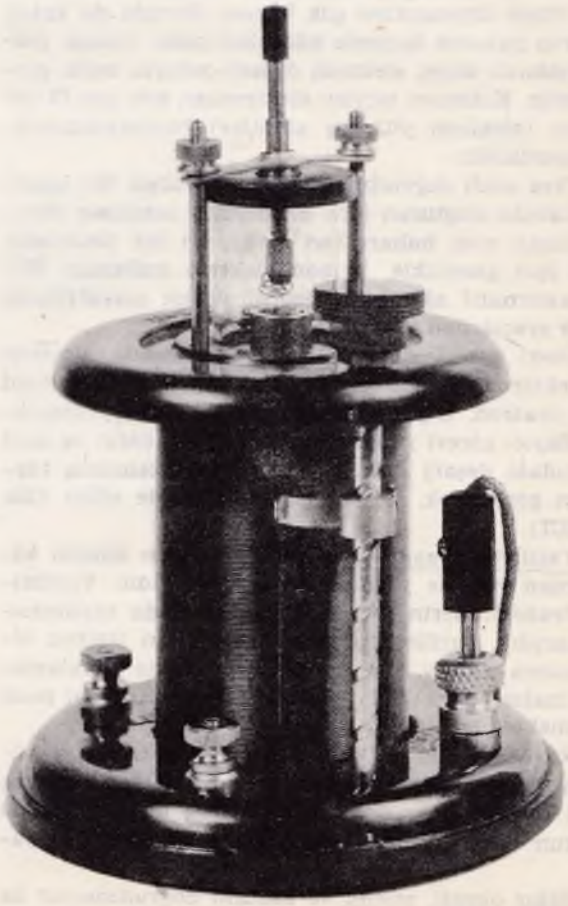
Bu özel vakum tüpüne, yalnızca iki elektrot içerdiğinden, «DİYOT» adı verilir. Diyot, akımı tek yönde geçirir; çünkü anotta, akımın ters yönde de akmasını sağlayacak elektron hareketi yoktur. Dolayısıyle diyotlar, alternatif akımların doğrultulması amacıyla kullanılır.

Triyot, katot ile anot arasına üçüncü bir elektrodun yerleştirildiği bir diyot lambadır. Bu üçüncü elektrot, aradan elektronların geçmesini sağlayan bir yapıdadır: Izgara ya da kafes. Kafes devresine gerilim uygulanarak, aygıttan geçen akım biçimlendirilir ya da denetlenir. Kafes geriliminde oluşturulan küçük değişmeler, katot-anot akımında büyük değişmelere neden olur.

Bazı uygulamalarda, elektron akımını bağımsız olarak denetleyebilmek için, iki ya da daha çok kafese gerek duyulur. Bu tür termoiyonik valflara «tetrot» (2 kafesli), «pentot» (3 kafesli), vb. adlar verilir.

KATOT IŞINI TÜPÜ de bir vakum tüpüdür. Ötekilerden farkı, özel biçimi nedeniyle görüntü verebilmesidir. Katot ışını tüpünde, tıpkı ötekilerde olduğu gibi, sıcak katottan fırlayan elektronlar, artı anoda doğru hızla çekilir. Ancak tam merkezde, elektronla-

İlk billurlu alıcılardan biri. (altta) Sürgülü uç içeren bir indüksiyon bobini ile bunun üstüne yerleştirilmiş bir kedi bıyığı diyot demodülatöründen oluşmuştur. Sürgülü ucun hareketiyle devre, istenilen istasyona ayarlanabilir.



rın bir ışık demeti biçimini almalarını sağlayan bir delik bulunur. Katot ışını tüpünün iç yüzünde, elektron bombardımanıyla ışıklanan flüorışıl bir ekran bulunur. Anot ve katot arasına bir kafes yerleştirilerek, ışın demetinin şiddeti denetlenir. Işını ekran üstüne odaklayan sistemlerin ve ışık beneğini hareket ettiren saptırıcı plakaların da kullanılmasıyla, görüntü elde edilir.

Klistron, magnetron ve dalga taşıyıcı tüp gibi termoiyonik valfler, çok yüksek frekanslı uyarımların yükseltilmesinde kullanılır (Bk. MİKRODALGA).

Gaz doldurulmuş tüpler: Gaz doldurulmuş tüplerin en geniş uygulaması DEŞARJ TÜPÜ, flüoresan lambası ve neon lambası gibi, ışık verici araçlarda görülür. Ancak bunlar, ışık yaymaktan başka işe yaramadıkları için, genellikle elektronik aygıt sınıfına katılmazlar. Aşırı gerilime karşı koruyucu görev yapan aygıtlarda, gazın yükünü boşaltma özelliğinden yararlanılır. Sözgelimi, belirli bir gerilime ulaşıldığında (*deşarj* gerilimi) bir boşalım oluşur. Bu boşalım, düşük empedanslı bir kısa devre görevi yaparak, devredeki öteki öğelerin yanmasını önler. Ayrıca, boşalım akımı belirli bir büyüklüğe geldiği zaman bu araçlar, eksi direnç özelliği gösterirler. Başka bir deyişle, geçen akım arttıkça, elektrotlar arasındaki gerilim düşer. Bu tür aygıtlar, OSİLATÖR devrelerinde kullanılabilir.

Gaz doldurulmuş diyotların çalışma ilkesi, vakum tüplü diyotunkine çok benzer. Burada da katot, elektron yayacak biçimde düzenlenmiştir. Ancak, gazlı diyotlarda akım, elektron demeti yoluyla değil, gazla iletilir. Katottan saçılan elektronlar, artı gaz İYON'larının (elektron yitirmiş atomlar) bombardımanıyla koparılabilir.

Cıva arklı doğrultmaç (diyot) da böyle bir aygıttır. Katodu oluşturan cıva haznesinin ısıtılması sonucu oluşan cıva buharı (arı cıva), iyi bir iletkendir. Anot için genellikle, karbon elektrot kullanılır. Büyük alternatif akımların doğrultulması gerektiğinde, bu tür araçlardan yararlanılır.

Öteki gaz doldurmalı aygıtlar arasında, tiratron ile dekatron sayılabilir. Bir tür tetiklenebilen diyot olan tiratron, triyot lambaya benzer ve üç kutupludur. Sayıcı görevi yapan dekatronda ise, katot ve anot arasındaki deşarj ışığı, sayı biçimine getirilmiş tüplerden geçirilerek, sayısal görüntüler elde edilir (Bk. SAYICI).

Yarıiletken aygıtlar: Günümüzde, en önemli konulardan biri de yarıiletken elektroniğidir. Yarıiletken transistörlerin yeni buluşlar arasında sayılmasına karşılık, yarıiletken malzeme (yetkin iletken olmamasına karşın, yalıtkanlar sınıfına da sokulamayan malzemeler), XX. yüzyılın başından buyana bilinmektedir.

Karborundum ya da silikon gibi yarıiletken billurun yüzeyine dokunan çok ince bir telden oluşmuş «kedi bıyığı» diyotu, ilk buluşlardan biridir. Tel ile billurun birbirine dokunduğu bölge, diyot görevi yapar.

Bakır oksitli, selenli ve tantallı doğrultmaçlar da (kuru redresörler adı da verilir) yarıiletkenler sınıfına girer.

Günümüzde daha çok silis ve germanyumlu yarıiletkenler kullanılmaktadır. Arı haldeki silis ve germanyum (yüksek sıcaklıklar dışında) zayıf iletkenlerdir; ancak, içlerine az miktarda yabancı madde katılırsa, iletkenlik özellikleri bütünüyle değişir.

n-tipi bir yarıiletken elde etmek için, çok ince bir silis ya da germanyum tabakasının bir yüzüne metal alaşımı kaplanır (germanyum kullanılırsa antimon). Bu alaşım içinde, iyi iletkenlik sağlayacak kadar bol elektron bulunur. p-tipi bir yarıiletken elde etmek içinse, billurun öteki yüzü başka bir alaşımla kaplanır (sözgelimi, germanyum billurunda, öteki yüz indiyumla kaplanır). Bu düzenleme, iletken banttaki elektronların sapmasına ya da elektron yerlerinde artı değerli boşlukların oluşmasına neden olur. Artı değerli bu boşluklar, elektrik alanının etkisiyle, tıpkı n-tipi maddedeki elektronlar gibi davranırlar.

n ve p tipi bölgelerin arasında kalan bölüme, «ara bölge» adı verilir. Boşlukların ve elektronların kolayca hareket edemediği bu bölge, akımın geçişine karşı bir engel oluşturur. Aygıtın uçlarına gerilim uygulanırsa, bu engelleme azalır ve akım geçebilir. An-

Resimde (altta) çeşitli bileşenlerden oluşmuş bir elektronik devre görülmektedir: Transistörler (gümüş rengi); diyotlar (küçük pembe); kondansatörler (toparlak kırmızı); direnç (kahverengi).

cak, gerilim uygulama yönü ters çevrilirse, engelleme daha da artar ve akım geçemez. Diyotun çalışma ilkesi budur.

Transistor, p-n-p ya da n-p-n biçiminde bir düzenlemeden oluşur ve her biri ayrı bir bölüme giden üç bağlantı ucu içerir. Orta bölüme giden bağlantı, «taban» (baz) diye adlandırılır (lambadaki kafese karşılıktır) ve yan bölümler arasındaki akım geçişini denetler. Bu nedenle transistörler, triyot lambanın gördüğü işi yapabilir ve yükseltici (analog) ya da anahtar (sayısal) devreleri gibi pek çok yerde kullanılabilir.

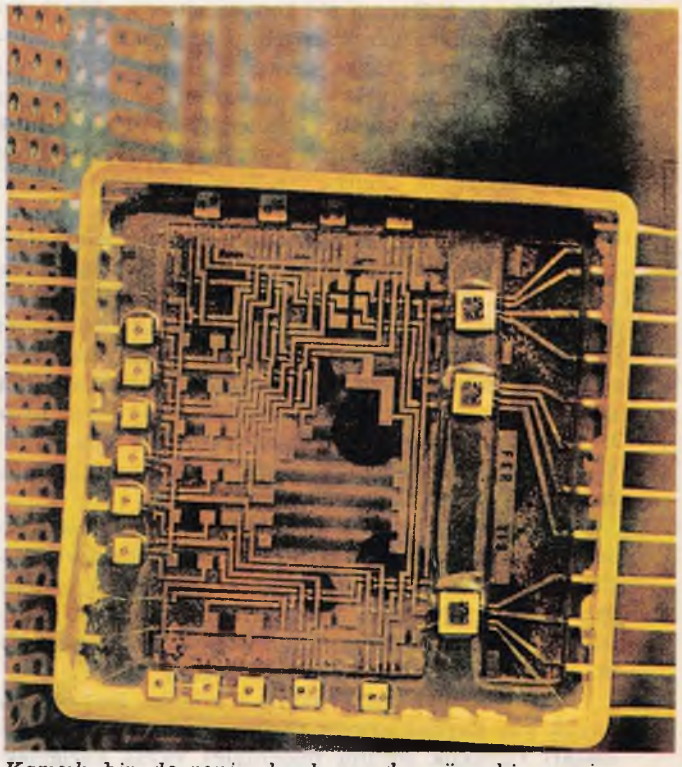
Tiristörler anot, katot ve geçişe bağlı üç çıkış ucu bulunan p-n-p-n düzenlemeleridir. İçteki p bölümüne bağlı geçiş ucundan bir akım sinyali çıktığında, tetiklenerek, p-n diyotu gibi davranırlar. Tiristörlere bazen silis denetimli doğrultmaçlar da denir; çünkü bunlar, tiratron gibi çalışabilir ve özellikle ELEKTRİK MOTORU denetim devrelerinde, güç denetleyicisi olarak görev yaparlar.

Söz konusu aygıtların biçim ve boyutları, uygulama yerlerine göre değişir. Ayrıca, elektronikteki hızlı ilerleme sonucu, sürekli değiştirilmekte ve geliştirilmektedirler.

Elektroniğin tarihçesi: Sürekli elektrik üretebilen bir kaynağın, yani PİL'in bulunmasıyla, elektrik ve elektromagnetizma alanındaki araştırmalar hız kazandı. 1800 yılında Alessandro Volta'nın «Volta pili»ni bulması, çok büyük bir adım oluşturdu. Bundan sonra, yüzyılın ikinci yarısında çeşitli elektrik araçları geliştirildi. Bunlar arasında A.G. BELL'in öncülük ettiği TELEFON da (1870'lerde) sayılabilir.

Elektronik aygıtlardan çoğu, haberleşme alanında kullanıldı. Bu sistemlerde zayıf sinyallerin yükseltilmesine gereksinim duyulduğundan, bu görevi üstlenecek triyotlar geliştirildi. John Ambrose FLEMİNG'in diyotu geliştirmesinden iki yıl sonra, 1906'da Lee de Forest, triyot lambayı buldu. Bununla birlikte, 1911 yılına kadar, triyot lamba, akım yükseltici olarak kullanılamadı. 1912'de yükselticilerde geri besleme devreleri kullanılmaya başlandı; 1913'te ise, aynı devreler osilatörlerde de yeraldı.

Daha 1887'de Heinrich HERTZ, elektromagnetik dalgaların fiziksel anlamda var olduklarını kanıtlamış, 1895'te de Guglielmo MARCONİ ilk RADYO'yu yapmayı başarmıştı. Ne var ki, konuşmaların uzaklara iletilmesi, yüksek frekanslı alternatif akım kaynakları gerektirdiğinden, elektromekanik sistemler sınırlı ölçüde kullanılabiliyordu. 1900 yılında, konuşmaları 25 mil uzağa iletebilen yüksek frekanslı AL-



Karışık bir devrenin kaplanmadan önceki resmi. (üstte) Karmaşık bir birim içinde, birçok entegre devrenin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Üstünde karmaşık devreler bulunan bu silisli pulcuğun (solda) boyutları, dikiş iğneleriyle karşılaştırılarak anlaşılabilir. Devre, ondalıklı sinyalleri sayabilen bir transistör devresidir.

TERNATÖR'lerden yararlanıldı. Daha sonraları, osilatörü çalıştıran triyodun geliştirilmesiyle, konuşma sinyalleri, orta ve kısa dalga frekansları üstünden daha uzaklara gönderilebildi. Bunu, 1920'de kısa dalga üstünden çok daha uzaklara iletilebilen düzenli RADYO yayınları izledi.

1901'de bulunan eski tür billurlu alıcılarda kullanılan «kedi bıyığı» diyotları, bu dönemde yaygınlaştı. Yüksek vakumlu termoiyonik valfların gelişmesinden (1914-1915) sonra, lambalı radyo alıcıları yapıldı ve uygulama alanına girdi.

Görüntü veren katot ışını tüpleri, XIX. yüzyıl sonunda ortaya çıkmıştı; ama televizyon, ancak John Logie BAİRD'in çalışmalarından sonra, 1920'lerde geliştirildi. 1924 yılında radyo dalgalarını yansıtan atmosfer tabakasının (iyonosfer ya da Heaviside-Kennelly tabakası) varlığı kanıtlandı ve yüksekliği ölçüldü. Bu araştırmalar, radarın geliştirilmesine yolaçtı. Ancak, radar için çok yüksek frekanslı ve yüksek güçlü radyo dalgalarının (mikrodalga) üretilmesi gerekiyordu. Bu sorun 1921 yılında magnetronun bulunmasıyla çözüldü ve 1935'te ilk kez uygulamaya geçildi. 1948'de William Shockley, transistörü bulduğunu açıkladı; ardından, yarıiletken elektroniği hızla gelişti. Böylece, elektrik sinyallerini elektronik yolla düzenleme ve kullanma söz konusu olunca, yüksek gerilim ve akımlara gerek kalmadı. İlk elektronik BİLGİSAYAR, İkinci Dünya savaşı sırasında 18 000 valf kullanılarak yapıldı. Ne var ki, valflardan yayılan ısı, önemli sorunlar yarattı. Transistörün boyutlarının küçüklüğü ve fazla akıma gerek göstermemesi, en önemli elektronik aygıtlardan sayılan sayısal bilgisayarların yapılmasını sağladı.

Uzay araştırmaları gibi alanlarda, elektronik devrelerin az yer kaplaması büyük önem taşıyordu. Bu gereksinim, küçük yarıiletken ENTEGRE DEVRELER'in yapılmasına yolaçtı. «Pulcuk» adı verilen ve binlerce transistör içeren küçük bir yarıiletken dilimi, aşırı ısınma sorunlarını ortadan kaldırdığı gibi, güç tüketiminde de büyük artırım sağlamaktaydı. Boyutlarının çok küçük olması nedeniyle, sığa ve indüklenme etkileri önemli oranda azalırken, işlemlerin hızı da en üst düzeye çıkıyordu.

Son yıllarda ise, pek az enerji tüketen ve çok yüksek hızlarda çalışan metal oksitli yarıiletkenler geliştirildi. Bunlar, boyutları birkaç milimetreyi geçmeyen entegre devrelerin yeni türleridir. Çalışma akımlarının çok küçük olmasından dolayı, yük taşınımıyla çalıştıklarını söylemek daha doğru olur.

Yarıiletkenler aşırı ısıdan etkilenir. Bu yüzden büyük güç kaynaklarında yarıiletken kullanma çalışmaları (sıcaklık sorunu nedeniyle) yavaş ilerlemektedir. Ne var ki, gene de yüksek güçte çalışan doğrultmaçlar, tiristörler ve transistörler geliştirilebilmiştir.

ELEKTRONİK, TIP ALANINDA

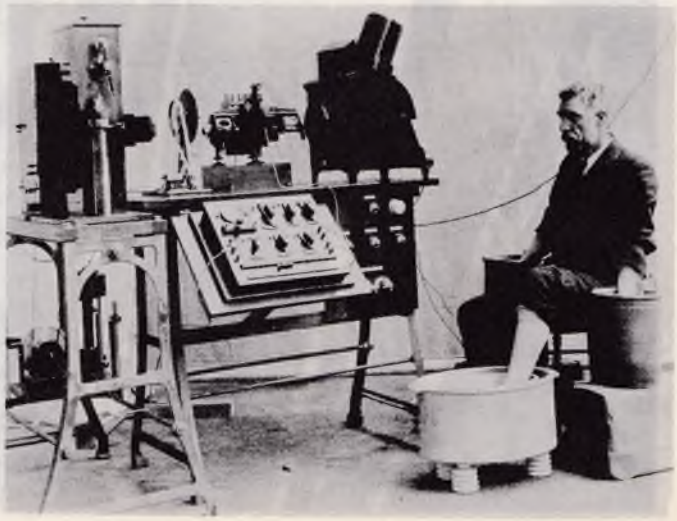
Günümüzde, hastalıkları daha iyi teşhis ve tedavi edebilme amacıyla günden güne daha çok elektronik araç kullanılmaktadır. Elektroniğin tıbba uygulanmasında birçok aygıttan yararlanılır: YÜKSELTİCİ'ler; regülatörler; MANTIK DEVRELERİ (entegratör ve diferansiyatörler); RADYO frekans aygıtları; OSİLATÖR'ler; sinyal üreteçleri ve sayıcıları; TRANSDÜKTÖR'ler; OSİLOSKOP'lar; sesüstü aygıtları; yazıcılar; BİLGİSAYAR'lar. Bakım ve tedavide kullanılan elektronik aygıtların güvenilir, kolayca onarılacak biçimde, sağlık koşullarına uygun ve yüksek verimli olması gerekir. Ayrıca, aygıtın parçalarından bazıları, mikroptan arındırma işlemine dayanacak maddelerden yapılmalıdır. TRANSİSTÖR'ün ve modern katı yapılı sistemlerin gelişmesinden sonra, söz konusu gereksinimlerin çoğunu karşılama olanağı bulunmuştur.

Elektronik aygıtlar genellikle hastanelerde teşhiste, tedavide ve hastalığın araştırılmasında kullanılır. En çok kullanılanlar nabız, ateş, tansiyon ve beynin çalışması gibi öğeleri gösteren sistemlerdir. Sistemden gelen sinyaller, ya hastanın yatağının yanında, ya merkezi bakım birimindeki geniş ekranlı bir osiloskopta ya da çok kanallı yazıcılarda gözlenebilir.

Elektroansefalograf: Beyin, yeterince şiddetlendirildiği zaman, osiloskop ekranında ya da kaydedicilerde belirgin izler bırakan çok küçük elektrik akımları oluşturur. Bu dalgaların biçimi beynin çalışmasına, beynin çalışması da kişinin sağlığına ve yaptığı işe bağlıdır. Sağlıklı kişilerden alınan dalga biçimleri, genellikle birbirine benzer. Herhangi bir hastalık ya da olağandışılık ise, beklenen dalga biçiminin bozulmasıyla kendini belli eder.

Beyindeki elektrik sinyalleri çok küçüktür (100 mikrovolt kadar). Ancak başa ya da (beyin ameliyatlarında olduğu gibi) beynin yüzeyine yerleştirilen duyarlı elektrotlarla alınabilir. Daha sonra sinyaller

Cambridge İnstrument şirketince 1911'de yapılmış eski bir ECG aygıtı. (altta) İlk ECG aygıtını, o tarihten sekiz yıl önce, 1903'te Willem Einthoven geliştirmişti.



yüksek kazançlı yükselticilerden geçerek, elektroansefalograf aygıtına gelir. Aygıtın çıkışı da, ya yazıcılara bağlanır ya da osiloskop ekranlarında izlenir. Elektroansefalograf (EEG) aygıtı, beyin hastalıklarının ve yaralanmaların teşhisinde olduğu gibi, beynin değişik bölgelerinin görevlerini araştırmada da kullanılır.

Elektrokardiyograf: Elektrokardiyograf aygıtı, EEG'ye benzer; ama görevi, kalp kaslarının, beden kan pompalarken oluşturduğu elektrik sinyallerini çizmektir. Elektrokardiyografla (ECG) hastanın durumu incelenirken, bir yüzlerine krem sürülmüş üç yuvarlak metal elektrot, kremli yüzleri tene dönük olarak hastanın göğsüne plasterle yapıştırılır. Denetim için, göğsün yanı sıra, kol ve bacağa da birer elektrot yerleştirilir. Her elektroda bir tel bağlanır ve tellerin öteki ucu, ECG yükselticisine takılır. Alınan sinyallerin değeri 1 milivolt kadar, kalbin dinlenme sırasında vurma sayısı ise dakikada 70-80'dir. Bu sinyali izlenebilir duruma getirmek için, yükselticinin kazancı en az 1 000 olmalı ve 100 Hertz'e kadar olan frekansları tam olarak yazabilmelidir. İstanmeyen parazitleri yok etmek için, geniş yüksek frekans filtreleri ile dar bantlı şebeke frekansı (ülkeye göre 50 ya da 60 Hz) filtreleri kullanılır. Hastayı elektrik çarpmasından koruma amacıyla, aygıtın hastaya yakın olan bölümü (giriş yükselticisi), elektriksel ve mekanik olarak devrenin öteki bölümlerinden ve şebekeden yalıtılmıştır.

Sinyal, yazıcıya yollanabildiği gibi, aygıtın üstündeki osiloskop ekranından da izlenebilir. ECG aygıtında, kalp vuruşlarını sayıp dakikadaki vuruş sayısını gösteren bir gösterge vardır. ECG aygıtları, tıbbi denetimlerde ve kalpteki bir bozukluk ya da hastalıktan kuşkulanıldığı zaman teşhis amacıyla kullanıldığı gibi, kalp krizi, kaza ve ciddi bir hastalık ile ameliyat geçirmiş hastaların tedavileri boyunca, durumlarının izlenmesinde de kullanılır. Bu durumlarda ECG'deki bozuklukları saptayan düzeneğe, hastadaki değişiklikleri aynı anda hemşireye bildiren sesli ve ışıklı uyarma devreleri yerleştirilir. Doktorun ne tür bir bozukluk olduğuna daha kolay karar verebilmesi için, alarm devresi, aynı anda yazıyıcıyı da çalıştırarak, dalga biçimini çizmeye başlar (böylece, hasta denetim altındayken yazıcının sürekli çalışması gerekmez).

Defibrilatörler: Kalp, kas tellerinin düzensiz ve etkisiz biçimde kasılması nedeniyle, işlevini yerini getirmez hale gelebilir. «Fibrilasyon» adı verilen bu durumda ECG'de, normal dalga biçimleri ve ritim gözlenmez; kalp hızlı titreşimler yapar; kan dolaşımı durur. Bu hastalık beş dakika içinde tedavi edilmezse hasta ölür. Bu nedenle, hemen *defibrilatör*le önlem almak gerekir. Defibrilatörün akümülatörle çalışan taşınabilir türleri, hastane ve cankurtaranlarda hazır bulundurulur; çünkü kalp durması her an görülebilen bir olaydır.

Defibrilatörün amacı, kalbi yeniden normal ritminde çalışmaya başlatmaktadır. Bunun için göğse iki büyük elektrot yerleştirilir ve hastaya yüksek enerjili bir şok uygulanır. Şokun etkisiyle göğüsteki bütün kaslar kasılır ve kalp çalışmaya başlar. Bazı durumlarda şokun birkaç kez uygulanması gerekebilir. Defibrilatörün içinde bir doğru akım kaynağı ile potansiyelleri birkaç bin volta, enerjileri ise 500 jule varıncaya kadar yüklenebilen büyük KONDANSATÖR'ler vardır.

Kondansatörler yüklenince, elektrotlar göğse yerleştirilir ve üstlerindeki bir düğmeye basılarak şok uygulanır. ECG'den az da olsa ritim alınıyorsa, defibrilatör ECG'ye bağlanarak, elektrik şoku, kalp ka-

Resimde görülen aygıt (üstte), kana verilen radyoaktif maddelerden gelen gama ışınlarını saptayarak, beyindeki urların yerini belirler. Alınan sinyaller, bilgisayarlarla değerlendirilir.

Bir elektrokardiyografla, hastanın göğsüne, koluna ve bacaklarına bağlı elektrotlardan gelen sinyallerin alınması. (solda)

sının kasılmasıyla aynı anda uygulanır.

Tansiyon aygıtları: Hastanın tansiyonunun (atardamar basıncı) ölçülmesi, kalbin kan dolaşımını ne ölçüde sağlayabildiğini anlamada büyük önem taşır. Bu, genellikle bir el aygıtıyla yapılır. Ama birçok hastanede, otomatik aygıtlar da kullanılır. Hastanın koluna, şişirilebilen bir lastik manşet sarılır ve kanın aşağı geçmesini engelleyecek bir basınca kadar şişirilir. Bu sırada aygıt, *Korotkoff sesi* (kanın ana atardamardan geçerken çıkarttığı sesler) alıcılarını çalıştırır ve manşetin içindeki basıncı, denetimli bir biçimde azaltmaya başlar. Manşetteki basınç, kanın manşetin altından ancak geçebileceği bir değere kadar düşünce, aygıt, kanın geçişini simgeleyen sesi alır. Manşetin bu anda gösterdiği başınç, atardamardaki en yüksek basınca eşittir. Buna *kasılma* (sistolik) basıncı denir. Aygıt bu değeri kaydeder ve gösterir. Manşetteki basınç Korotkoff sesleri duyulmaz oluncaya kadar düşünce, basıncın değeri yeniden kaydedilip gösterilir. Bu değer de en düşük kan basıncına eşittir ve gevşeme (diastolik) basıncı diye adlandırılır. Bu ölçmeleri yapmak, kasılma ve gevşeme değerleri kaydedip belleğe iletmek için, RÖLE'li mantık devreleri ya da yükseltici devreler kullanılır.

Kasılma basıncı sesinin alınması, ses bu sırada ilk kez duyulacağı için kolaydır. Buna karşılık, gevşeme değeri, güç fark edildiğinden değişik yöntemlerle alınır. Elle çalıştırılan yarı ve tam otomatik manşetli aygıtların tümü, çok düşük (basıncı 80 mm Hg'nın altındaki) kasılma basınçlarında ve çok yüksek (basıncı 150 mm Hg'nın üstündeki) kasılma basınçlarında yanlış değerler gösterir. Bu yüzden, kritik durumdaki bir hastanın tansiyonunu güvenilir bir yöntemle ölçmek gerekebilir.

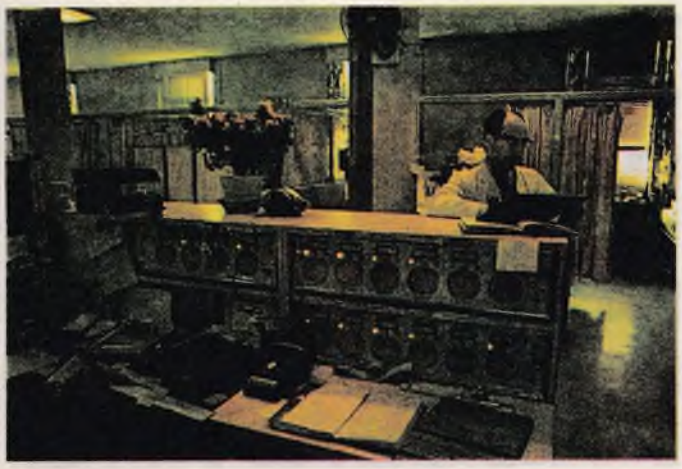
Bu amaçla atardamara çok ince bir sonda ya da kateter (naylon bir boru) sokulur ve basınç gösteren bir aygıta bağlanır. Kateterin içi, kanın girip yanlış değerler vermesini önlemek için serumla doldurulur. Basınç gösteren aygıtın içinde basınca duyarlı bir zar yeralır. Zar, üstünde bir uzarölçer tam köprüsü ya da yarıiletken uzarölçerleri bağlı bir köprü bulunan, akrilik bir plastik plakanın önüne yerleştirilir.

Damar içindeki basıncın değişiklikleri, bir osiloskop ekranında gözlenebilir; uygun biçimde ayarlanmış seçici devrelerle, bunun kasılma ve gevşeme değerleri saptanır. Bazı durumlarda da, ortalama atardamar basıncının ölçülmesi için, basıncın ortalama değeri gözlenir.

Hasta izleme sistemleri: ECG ile defibrilatör, tek tek kullanılmanın yanı sıra, başka aygıtlarla birlikte, hastanın durumunu sürekli izlemede de kullanılır. İzleme sistemleri, hastaya ayrı ayrı bağlanan aygıtlardan ya da bütün aygıtların işlevini yürüten bir tek büyük aygıttan oluşabilir. İzleme sistemleri, doktora hastanın durumuna ilişkin gerekli bilgileri verdiği gibi, ivedi bakım gerektiren tehlikeli değişikliklerde ilgilileri uyaran alarmlarla donatılmıştır.

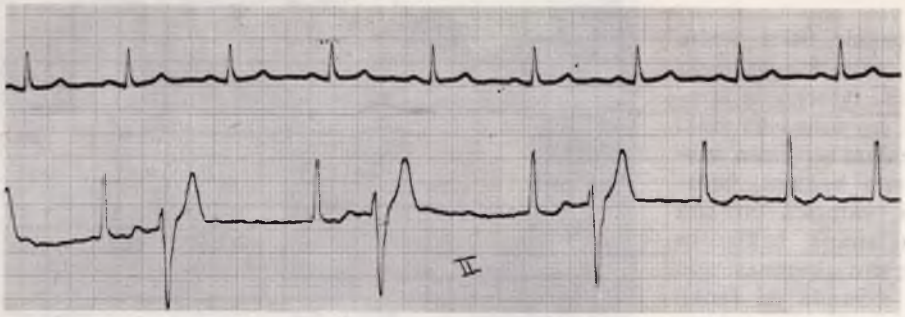
Tipik bir izleme sisteminde, elektrokardiyograf ile nabzı, tansiyonu, hastanın ateşini ve solunumunu gösteren aygıtlar bulunur. Yeni geliştirilen sistemler bilgisayarlara bağlanmakta ve bütün denetim bilgisayarlarca yönetilmektedir.

Öteki aygıtlar : Modern ameliyathanelerde *diyatermi* aygıtları kullanılır. Bu aygıt, uygulandığı bölgeye küçük bir elektrottan yüksek frekanslı elektrik akımı vererek, dokuları keser ve aynı anda kanayan damarları pıhtılaştırarak kanamayı durdurur. Bu etki, elektrodun çevredeki dokuları etkilemeden değdiği yeri ısıtması sonucu ortaya çıkar. Yüksek frekanslı elektrik akımı kullanılmasının nedeni, bu fre-



New York'taki St. Luke hastanesinin hasta izleme sisteminin denetim merkezi. (üstte) Hastanın yatağının yanındaki aygıtlardan gelen sinyaller, ekranlardan izlenebilir.

Beynin elektriksel etkinliğini ölçmek için, hastanın başına yerleştirilmiş EEG elektrotları. (sağda)



İki ECG eğrisi. (solda) Kalpte dört odacık vardır (iki karıncık ve iki kulakçık). ECG bunların çalışmasını gösterir. Üstteki eğri, normal bir ECG'dir. Alttaki eğride ise, bir kapakçık hastalığına bağlı düzensiz kulakçık çalışması görülmektedir.

kansların, kasları uyarma sınırından daha yüksek olmasıdır. Ameliyathanelerde ayrıca röntgen, kapalı devre TELEVİZYON'ları, KALP-AKCİĞER POMPASI ve yapay böbrek aygıtları da bulunur.

Ayakta hasta tedavi eden servislerde taşınabilir diyatermi aygıtları, ECG, EEG ve EMG aygıtları, kan akışını ölçen sesötesi aygıtlar ve kızılaltı sıcaklık tarayıcıları gibi çeşitli elektronik sistemler bulunur. EMG *(elektromiyograf)*, uyarılan kas ve sinir liflerinin elektriksel etkinliğini incelemede kullanılır.

Kanın akış hızı, damarlardan birinin üstüne bir transdüktör yerleştirip, bunun içinden sesötesi sinyaller geçirme yoluyla ölçülebilir. Kan, gönderilen sinyalleri yansıtarak, ölçülebilen bir yankı oluşturur. Kan hareket ettiği için, alınan yankının frekansı, DOPPLER OLAYI yüzünden, gönderilen sinyalinkinden farklıdır. İki frekansın karşılaştırılmasıyla, kanın akış hızı saptanabilir. Sesötesi sinyallerle yankı alma yöntemi, kalbin «resmini» almada *(ekokardiyografi)*, beyindeki bozunları ve urları saptamada kullanılır. Burada yararlanılan ilke, gemilerde kullanılan yankı gönderme sistemine benzer (Bk. ASDİK YA DA SONAR).

Kızılaltı sıcaklık tarama aygıtı, hastanın bedenini tarayarak, beden yüzeyindeki sıcaklık farklarını belirler. Meme kanserinde olduğu gibi, deri altında yeralan bir ur, bulunduğu bölgede sıcaklığın yükselmesine yolaçtığından, bu yöntemle yeri bulunabilir.

Laboratuvarlarda da çok sayıda elektronik aygıt kullanılır: Sözgelimi KAN GRUBU SAPTAMA'da kullanılan aygıtlar; kan ve sidik örneklerinin çözümlemesini otomatik olarak yapan biyokimyasal sistemler. Bunlarla, gerekli çözümlemeler, çok daha kısa sürede yapılabilir.

Bazı kalp hastalıklarında hasta, röntgen servisine taşınır. Burada, görüntü yoğunlaştırıcıları ile kapalı devre televizyon sistemleri kullanılarak, kalbin odacıklarına kadar kateterler sokulur ve değişiklikler gözlenip, kalpten çıkan kan miktarı ölçülür. ECG'den ve öteki deneylerden alınan sonuçlar ile birlikte bu gözlemler, doktora kalbin çalışmasına ilişkin bilgi verir.

Bilgisayarlar: Sayısal bilgisayarlardan hastanelerde tıbbi kayıtların, personel bordrolarının, malzeme stokunu ve hastalara ilişkin bilgilerin denetlenmesinde yararlanılır. Tıbbi araştırmalarda da, hem analog, hem de sayısal bilgisayarlar, son derece yararlı olmaktadır.

ELEKTRONİK HABER PANOLARI

Elektronik (aslında elektrikli) haber panosu, aydınlatılmış uzun bir ekran üstünde haberleri, hava raporlarını ve reklamları gösteren bir aygıttır. Ekran, yazıların sağdan sola hareket etmesini sağlayacak biçimde, sırayla aydınlatılan bir ampul sisteminden oluşur.

Gösterilmek istenen haber, önce uzun bir karton şeride delinir ve şeridin iki ucu birleştirilerek halka haline getirilir. Sonra bu halka, üstündeki bilgiyi okuyan ve ekrandaki ışıklara kumanda eden bir makinaya takılır. Her sistemde, genellikle, iki kumanda makinası bulunur: Birine haber şeritleri, ötekine de reklam şeritleri takılır. Böylece, haberler ve reklamlar, panoya sırayla verilebilir.

Şeridin hazırlanması: Şerit üstündeki delik düzeni, ekranda gösterilecek ışık düzeninin aynıdır. Ekranda gösterilebilecek her renk (genellikle kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz) için, şeritte ayrı bir dizi bulunur. Bir harf, tek renkte gösterilmek istenirse, yalnızca o renk dizisinde delinir. Ama, bir harfin birkaç dizide birden delinmesiyle, çeşitli renk oyunları yaratılabilir. Delgi zımbaları, delikli metal plakalarla denetlenir. Delikler, delinmeyen kesimin harfi oluşturacağı biçimde açılır. Zımbalar bir matris halinde düzenlenir, üstlerine bir plaka bastırılır ve bu plakanın delinmemiş bölümlerinin altında kalan zımbalar, kartonu deler. Öteki zımbalar, deliklerden geçtiklerinden, alttaki kartonu delmezler.

Reklamlar için kullanılan şeritlerin genişliği 35 cm kadardır ve dört renk dizisi taşır. Haberler tek renkte (beyaz) verildiğinden, haber şeridinin genişliği yalnızca 9 cm'dir.

Her şeridin kenarına, haberin ya da reklamın sonundan 56 cm önce, tek bir delik delinir. «İşaret deliği» denen bu delikle aygıt, bir şeritten ötekine geçmesi için uyarılır. Haberin bittiği ve başladığı noktalar arasında, şeridin 91 cm'lik bölümü delinmez. Böylece, geçiş sırasında iki şerit üstündeki yazının üst üste gelmesi önlenir. Şeritlere, normal harflerin ve sayıların yanı sıra, amblemler ve başka şekiller de delinebilir.

Okuyucular ve ekran: Şerit, bir cıva banyosu ile bir başlık düzeni arasından geçirilerek okunur. Başlık düzeninde, bir dizi bağlantı vardır. Her bağlantı, ekrandaki bir ışıkla, şeritteki deliklerden geçerek dev-

reyi tamamlayan cıvayı birbirine bağlar. Şerit, başlık içinde sağdan sola doğru hareket eder. İlk bağlantı takımı, ekrandaki ilk lamba sırasına, ikincisi de ikinci sıraya bağlanır. Aşağı yukarı 58 cm uzunluğundaki başlık boyunca, bu, böyle gider. Reklam şeridinin başlığında, her renk dizisi için bir sıra bağlantı bulunur; ama haber şeridi başlığının, yalnızca bir sıra (ekrandaki beyaz lambalara bağlanan) bağlantısı vardır. Bazı haber panolarında, şeridin okunması için cıva banyosu yerine fotoseller, ekranda da renkli plastik kapaklar altına yerleştirilmiş küçük elektrik ampulleri (40 V AC, 2,5 W) kullanılır. Dört ana renkteki lambadan, karıştırma yoluyla, toplam 15 değişik renk elde edilebilir. Avrupa'nın en büyük haber panosu olan Londra'daki panonun 23 × 1,5 m'lik iki ekranında toplam 30 000 lamba vardır. Bu lambalar yangından, tepelerine yerleştirilen bir su püskürtme sistemiyle korunur. Her gün bakımdan geçirilen söz konusu panoda, günde yaklaşık 15 lambanın değiştirilmesi gerekir. Sistemin toplam güç tüketimi ise, aşağı yukarı 9 kW'tır.

ELEKTRONİK KARIŞTIRMA

Elektronik karıştırma, yeni bir savaş biçimi olan, *elektronik karşı önlem* (EKÖ) yöntemlerinden biridir. Ancak, çoğunlukla EKÖ ile aynı anlamda kullanılır.

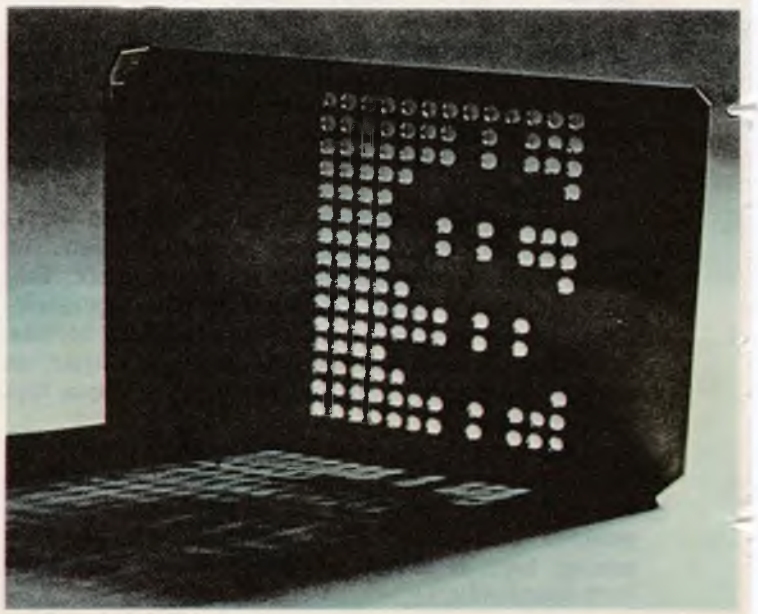
En kaba elektronik karıştırma biçimi, gönderilen mesajı düşmanın alamaması için, mesajla aynı dalgaboyunda rasgele parazitler yayınlamaktadır. Bunun etkili olabilmesi için, karıştırıcı sinyalin, alıcıya ulaştığında, düşman sinyalinden en az on kez daha güçlü olması gerekir. Radyo dalgaları ters kare yasasına (bir radyo sinyalinin gücü, uzaklığın karesiyle orantılı olarak azalır) uyduğundan, bu durum, karıştırıcı için bazı sınırlamalar getirir. Sözgelimi, düşman hatlarındaki alıcıların, vericilere elektronik karıştırıcılardan on kez daha yakın olduğu karıştırıcı yayınları ele alalım. Bu durumda, ulaşan sinyalle aynı güçte parazit yayınlayabilmek için, karıştırıcı, vericiden 10^2, yani 100 kez daha güçlü olmalıdır. Etkili bir karıştırma elde edebilmek için, sinyal oranının 10:1 olması gerekir. Başka bir deyişle, karıştırıcı vericiden 1 000 kez daha güçlü olmalıdır. En güçlü radyo vericilerinin gücü yaklaşık 50 kW olduğuna göre, söz konusu koşullarda, gücü 50 W'ı aşan bir düşman vericisinin sinyallerini bozmak olanaksızdır.

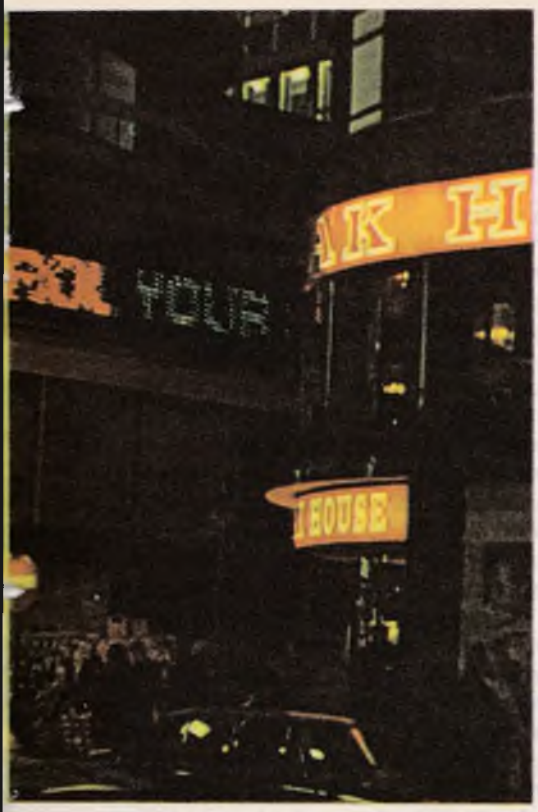
Uygulamada, elektronik karıştırma yöntemi, yalnızca, karıştırıcının düşman alıcısına kendi vericisinden daha yakın olduğu durumda kullanılabilir. Soğuk savaş sırasında, uzun menzilli yüksek frekanslı uluslararası propaganda yayınlarını bozmak için kullanılan bu yöntemden, askeri alanda, bir bombardıman uçağı kendisine saldırıya geçen avcı uçakları arasındaki iletişimi bozmak için yararlanabilir.

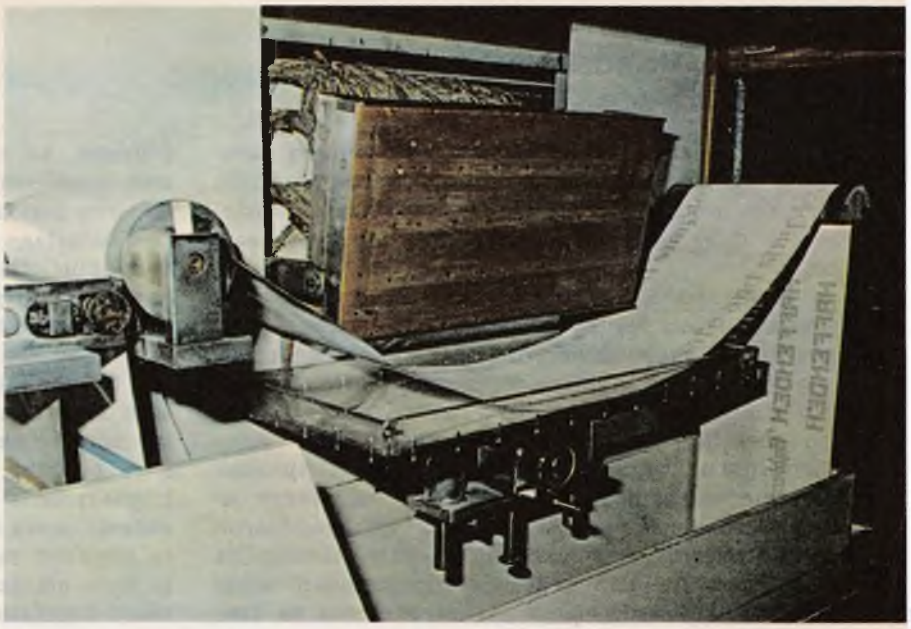
Yeni bir elektronik karıştırma yöntemi, büyük bir bant genişliğinden sinyal yayınlamaktadır. Bu, iki yönden yarar sağlar: Saptanması zordur (normal bir alıcının toplayabileceği türden bir bant genişliğinde-

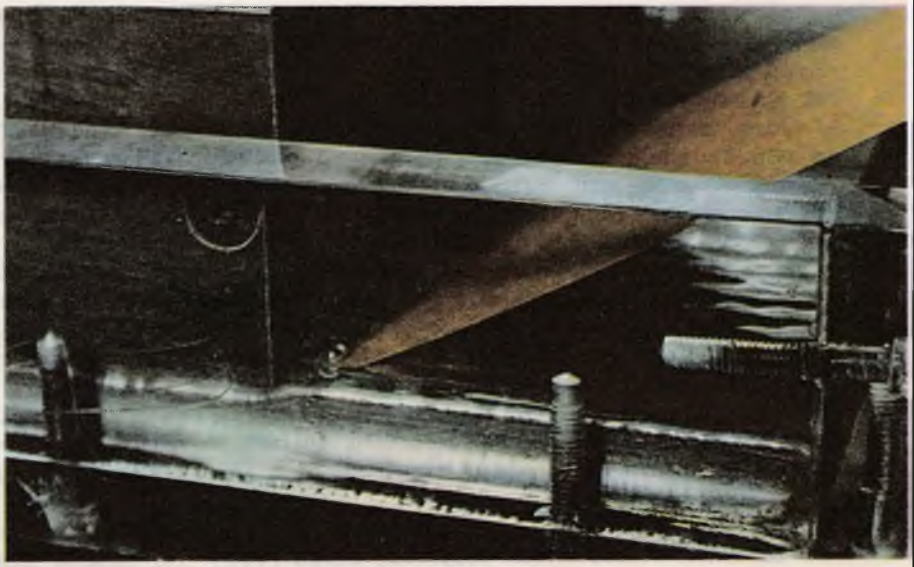
Londra'da Leicester alanındaki haber panosu. (üstte) İki ekran da, 1,5 m yüksekliğinde, 1,2 m uzunluğunda panolardan yapılmıştır. Lambalar, düşey sıralar halinde düzenlenmiştir. Lambalar arasındaki uzaklıklar, ışık kümeleri oluşturacak biçimde ayarlanmış, her küme, her renkten iki lambadan oluşturulmuş ve böylece, harflerde hiç bir boşluk olmaksızın düzgün bir görüntü sağlanmıştır. Reklam şeridinin delinmesi. (sağda) Bu makinadaki dört renk dizisi, yukardan aşağıya mavi, yeşil, kırmızı ve beyazdır.

Şeritleri hazırlanırken, delgi zımbalarının düzenlenişini denetlemede kullanılan delikli plakalardan biri. (altta)









Reklam şeridi okuyucusu. (sağda üstte) Şerit, cıva banyosu boyunca uzanmaktadır. Yukarı kaldırılmış okuma başlığında, dört sıra bağlantı açıkça görülmektedir.
Şeridin okuma başlığı ile cıva banyosu arasından geçişini gösteren, bir haber şeridi okuyucusu bölümü. (sağda ortada)
Bir haber panosu ekranının yakından görünüşü. (sağda altta) Renkli ışıkların düzenlenişi açıkça görülebilmektedir.

ki sinyal enerjisi tutarı küçüktür ve fondaki parazitten ayırt edilmeyebilir); bir savaş uçağını büyük bir bant genişliği içinde parazit yaymaya ve böylece çok daha büyük bir yayım gücü tüketmeye zorlar.

Elektronik karşı önlem: Elektronik karıştırma yöntemi, İkinci Dünya savaşı sırasında gerek askeri, gerekse sivil radyo yayınlarında pek kullanılmadı. Ancak, Almanya ve İngiltere, birbirlerinin yayın frekansını kullanarak, resmi radyo yayınları arasına aldatıcı mesajlar karıştırdılar. Sözgelimi, A.B.D. Hava Kuvvetleri'ne bağlı bombardıman uçakları Almanya üstlerine ulaştığında, Kuzey Almanya'daki radyo istasyonları, yerlerini belli etmemek için yayınlarını durduruyorlardı. O zaman BBC, Güney Almanya'da hâlâ işlemekte olan radyo istasyonlarından aldığı programı, kesintisiz olarak yayınlıyor, sonra da araya girerek, saldırıya uğramayacak olan kentlerdeki insanlara yaşamlarını kurtarmak için kaçmalarını söyleyen, sahte sivil savunma uyarıları yapıyordu. Bu, Alman polisi ve sivil savunma görevlileri üstünde büyük bir baskı oluşturuyordu. İtalyanlar da, Churchill'in radyo konuşmaları arasındaki suskunluk anlarında kaba sözlerle araya girmek için, bir plan geliştirmişlerdi. Ama bu plan, İtalyan sinyalini alıp tersine çevirerek normal BBC vericilerine ulaştıran, böylece İngiliz alıcılarındaki net sonucun sessizlik olmasını sağlayan BBC sistemi tarafından engellendi.

Savaştan bu yana EKÖ ve Karşı EKÖ endüstrileri, özellikle A.B.D'nde hızla gelişti. Almanya'ya yapılan gündüz saldırılarında uğranan zararlardan ders alan A.B.D. Hava Kuvvetleri, düşman hava savunmasını bozmaya önem vermeye başladı. Son Arap-İsrail savaşında büyük ölçüde EKÖ'ye başvuruldu. Ana amaç, düşman radarlarının gönderilen mesajı almasını engellemek, bu başarılamazsa, radarla gönderilen düşman roketlerinin kumanda bağlantılarını karıştırarak, yönlerini değiştirmektir.

Radarlar, aynı frekansta yapılan güçlü yayınla bozulabilir. Dünyanın çeşitli ülkelerinde bu amaçla, havada yayın yapan çok güçlü vericiler kullanılmaktadır. Radarları yanıltabilecek birkaç yöntem vardır. Bunlardan ilki çok yaygındır: Uçaktan havaya uygun büyüklükte kesilmiş metal parçaları saçarak, düşman radarının ekranında anlamsız görüntüler oluşturmak. Ancak buna karşı, öteki görüntüler bir kenara bırakılıp tek hareketli sinyalin (yani uçağın) bilgisayarlarla saptanmasıyla önlem alınabilir. Bu nedenle savaş uçağı, düşman radarını inceler ve sahte sinyaller yayınlayarak, gökyüzünün birçok uçakla dolu olduğu görüntüsünü verir. Bu görüntülerin tümü hareketli olduğundan, bilgisayarın yapacağı ayıklama işleminin yararı olmaz. Ne var ki, bu durumda da radarın frekansı hızla ve rasgele değiştirilerek, sahte sinyaller saptanabilir. Bununla birlikte, modern radarları yanıltmak ya da bozmak, giderek zorlaşmaktadır. Özel olarak hazırlanmış bir Boeing 707 uçağında taşınan AWAC (Amerikan Erken Uyarı) radarı, kara ya da denizde hareket eden hedefleri ayırt eder. Bunu, yansıyan sinyallerdeki doppler kaymasından yararlanarak gerçekleştirir. Bu yüzden bu radarın yanıltılması çok zordur.

Günümüzde, radar ve karşı önlem aygıtlarının çeşitliliği, savunma görevlilerinin, hangisini kullanacaklarına karar verebilmek için, elektronik araçlara başvurmasını zorunlu kılar. Yeni çıkan bir A.B.D. hava bilgisayarı, radarın nerede olduğunu ve ne yaptığını belirlemek için frekans, yinelenme hızı ve yönden yararlanarak, saniyede çeyrek milyon radar sinyalini inceleyebilmektedir. EKÖ görevlisinin önündeki ekranda, uçakları tarayan radarlar ve oluşturdukları tehlike görülür. Bilgisayar ayrıca, en tehlikeli radarın sinyallerini karıştırmak için, hangi frekansta yayın yapmak gerektiğini de belirtir.

Bir Lancaster bombardıman uçağından atılan (1945) «metal yağmuru» ya da «perdesi». Alüminyum şeritlerden oluşan bu «yağmur»la, radar karıştırılabilir.

ELEKTRON MİKROSKOPU

Elektron mikroskopu, optik MİKROSKOP'tan daha ayrıntılı bir inceleme sağlar. Virüs ve kanserli dokular gibi biyolojik örnekler kadar, metal örneklerinin incelenmesinde de çok yararlı olan bir aygıttır.

1873'de Alman fizikçi Ernst Abbe (1840-1905), birbirine çok yakın bulunan iki tanecik arasındaki uzaklığın ayırt edilmesi için, buradan geçen ışığın dalgaboyunun, tanecikler arasındaki uzaklığın iki katından çok olmaması gerektiğini kanıtlamıştır. Bu kural, bir örneğin içerdiği bütün noktalar için geçerlidir. İki taneciği birbirinden açıkça ayırt etme özelliğine, «*ayırma gücü*» denir. Bu, «büyütme» kavramıyla karıştırılmamalıdır. Net bir görüntü sağlanmadıkça, bir cismin kaç kez büyütüldüğü hiç önemli değildir. Görünen ışığın dalgaboyu yaklaşık 0,00005 cm'dir (5 000 angström). Bu yüzden, optik mikroskopta, ancak birbirinden 0,000025 cm uzaktaki ayrıntılar gözlenebilir.

Büyütme gücü daha yüksek bir mikroskop geliştirme çalışmalarında, önce, dalgaboyu ışığın dalgaboyundan çok daha kısa olan X ışınlarından yararlanılmak istendi. Ne var ki, X ışınlarını denetleyebilecek mercek sistemleri yapılamadı.

Bunun üstüne araştırıcılar, elektronu incelemeye başladılar ve hızlandırılmış elektronların, ışığın dalga biçimine benzeyen, ama ondan 100 000 kez daha kısa olan bir tür dalga hareketiyle yol aldığını buldular. Böylece, elektrostatik ya da elektromagnetik alanların elektron ışınını denetlemede kullanılabileceği ve bunların, tıpkı bir merceğin ışığı odaklaması gibi görev yapabileceği kanıtlandı. 1930'lardan sonra, elektron demeti oluşturma ve magnetik merceklerle denetleme, adım adım gelişti. Amaç, nesnenin bir gölge resminin elde edilmesiydi. İlk ticari elektron mikroskopu 1939'da yapıldı. Bunun ayırma gücü, 0,000 000 24 cm'ydi (24 angström). Bu ilk mikroskoptan sonra, yapılan araştırmalarla, ayırma gücü daha da artırıldı. Günümüzde sıradan işlerde kullanılan elektron mikroskoplarının ayırma gücü 0,000 000 02 cm'dir (2 angström).

Elektron mikroskopunun yirmi yıldan daha kısa bir sürede bu düzeye eriştirilmesi, XX. yüzyıl teknolojisinin gelişme hızını gösteren iyi bir örnektir; çünkü optik mikroskopun yetkin duruma gelebilmesi ancak 300 yılda gerçekleşmiştir.

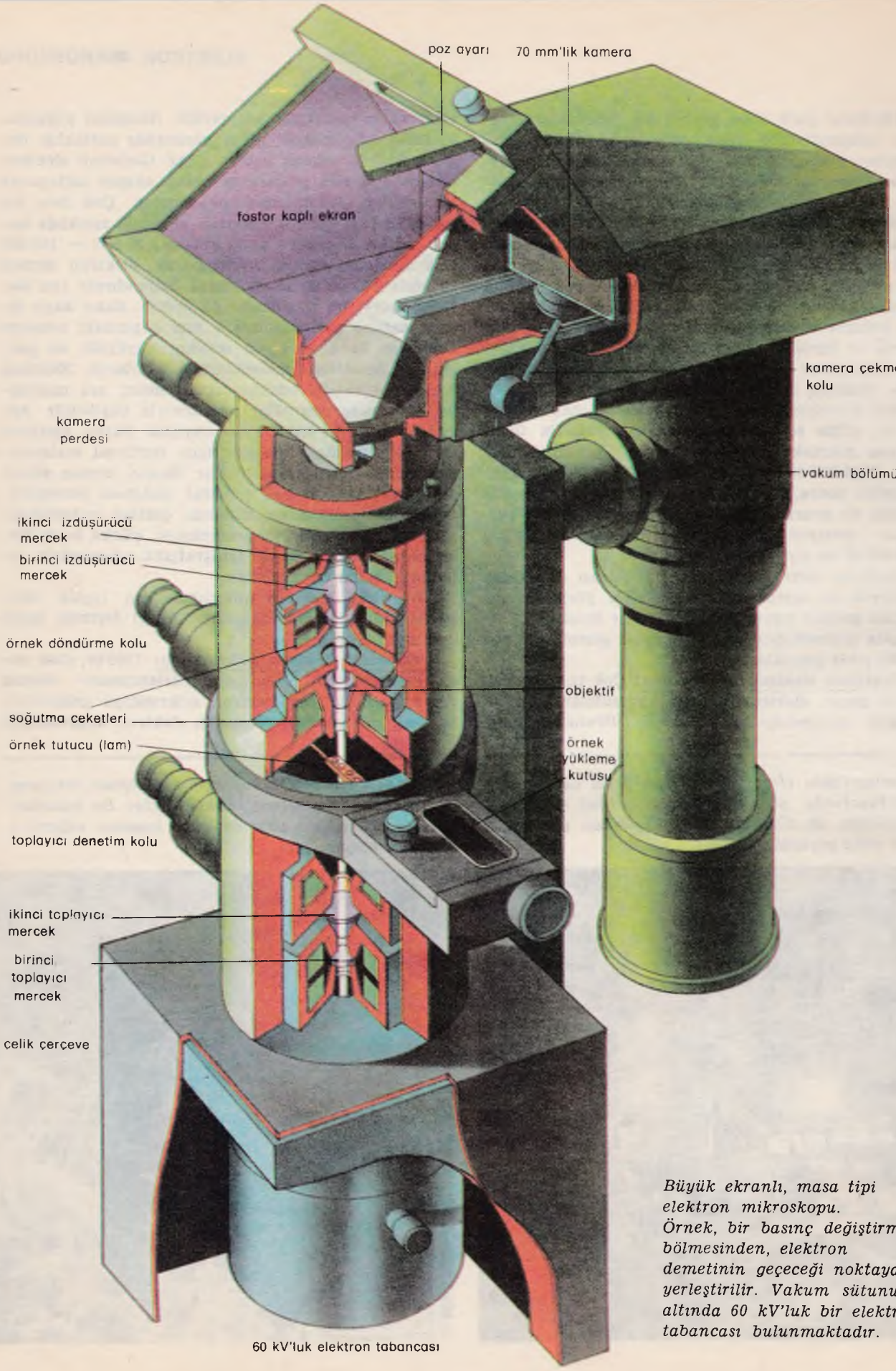
Geçirimli elektron mikroskopu: Çok ince bir örnekten geçen elektron demeti kullanıldığı için, ilk elektron mikroskopuna, «geçirimli (transmisyonlu) elektron mikroskopu» adı verildi. Nesnenin yoğunluğundaki değişiklikler, gölge görüntüde parlaklığı değişen bölgeler olarak ortaya çıkar. Geçirimli elektron mikroskopu, elektronların serbestçe akışını sağlayacak bir vakum sütunundan oluşmuştur. Çok ince bir tungsten fitil (katot), elektron yayacağı sıcaklığa kadar ısıtılır. Katot ve anot arasına, 20 000 — 100 000 volt arasında gerilim uygulanarak, elektron demeti sütunda yukardan aşağı doğru hızlandırılır (bu sisteme, «elektron tabancası» da denir). Bakır kaplı ızgara üstüne yerleştirilmiş 3 mm çapındaki nesneye gelmeden önce, elektron ışınının büyüklük ve parlaklığı, denetleme mercekleriyle ayarlanır. Elektron demeti, objektifle odaklandıktan sonra, ara mercekler (düşürgeç mercekler) yardımıyla büyütülür. Aygıtların çoğu 50-800 000 kez büyütür. Ekran, elektron ışını çarptığında parlaması için, fosforışıl malzemeden (çinko-fosfür) yapılmıştır. Bunun hemen altına da, görüntüyü çekecek fotoğraf makinası yerleştirilmiştir. Elektron mikroskopunda çekilen mikrofotoğrafların, çok büyütülmesi gerekmez; çünkü bu resimler daha sonra, normal fotoğrafçılık işlemleriyle, istenildiği kadar büyütülebilir.

Geçirimli elektron mikroskopunun (optik mikroskop gibi) örnekte odaklanabileceği derinlik (alan derinliği) sınırlıdır.

Taramalı elektron mikroskopu: 1965'te, alan derinliği nesnelerin üç boyutta incelenmesine olanak veren, yeni bir tür elektron mikroskopu geliştirildi. Bu yeni mikroskopa, «taramalı elektron mikroskopu»

Rotherham'daki (İngiltere) British Steel Corporation laboratuvarında yeralan 1 000 000 voltluk elektron mikroskopu, ilk elektron mikroskopundan yaklaşık 10 kez daha güçlüdür. (altta)

Bir ay taşı içindeki billur ağının taramalı elektron mikroskopunda çekilmiş resmi. (altta) Bu billurlar, yaklaşık 3,9 milyar yaşındadır ve kayanın soğuması sırasında oluşmuştur.



Büyük ekranlı, masa tipi elektron mikroskopu. Örnek, bir basınç değiştirme bölmesinden, elektron demetinin geçeceği noktaya yerleştirilir. Vakum sütunu altında 60 kV'luk bir elektron tabancası bulunmaktadır.

adı verildi. Tıpkı geçirimli elektron mikroskopunda olduğu gibi, bunda da vakum sütunu, elektron tabancası ve elektron demetini örnek üstüne düşüren toplayıcı mercekler bulunur. Toplayıcı mercek sisteminde bir çift bobin vardır. Bobinler, çok ince bir elektron demetinin örnek yüzeyini taramasını sağlar. Buna bağlı olarak çalışan KATOT IŞINI TÜPÜ de, aynı sırayla ve eşgüdümle ekran üstünde tarama yapar. Nesne yüzeyine çarpan elektron demeti, yüzeyden ikincil elektronların yayımlanmasına neden olur. İkincil elektronlar, bir bulucuya çekilir; bulucu, yükseltici yoluyla katot ışını tüpünün kafes devresine bir sinyal gönderir.

Nesneden ne kadar çok elektron koparsa, katot ışını tüpünde bu noktaya karşılık olan ışık beneği o kadar parlak olur. Büyütme oranı, katot tüpünün büyüklüğü ile taranan alanın büyüklüğü arasındaki ilişkiye bağlıdır ve 10 - 200 000 kez arasında değişir. Görüntünün parlaklık ve kontrastı, tıpkı televizyon görüntüsünde olduğu gibi, ayarlanabilir ve pozitif ya da negatif resim olarak verilebilir. Görüntünün resmi, sıradan bir fotoğraf makinası ya da polaroid makinayla çekilebilir.

Tarama yapan beneğin çapı ne kadar küçük tutulursa, o kadar yüksek ayırma gücü elde edilir. Ancak, benek çapı küçüldükçe, içerdiği enerji de azalmaktadır. İkincil elektron koparabilecek enerji ve en az benek çapı arasında denge kurulduğunda, ayırma gücü sınırı (günümüz aygıtlarında olduğu gibi) 70 - 100 angström arasında kalır.

Taramalı geçirimli elektron mikroskopu: İlk kez 1960'larda geliştirilmeye başlanan ve 1973'te ticari biçimini kazanan üçüncü bir tür mikroskop da, taramalı geçirimli elektron mikroskopudur. Bu aygıtta, «*alan yayıcı*» adı verilen yeni bir tür elektron tabancası kullanılır. Dış görünüm olarak, bu mikroskop ötekilere benzer: Gene elektron demeti nesneyi tarar; elektronlar bir bulucuda toplanır; görüntü, taramalı ekrandan verilir. Alan yayıcının sağladığı elektron demeti, yüksek enerjili ve son derece incedir (çapı birkaç angström kadar). Dolayısıyle bu mikroskop, hem geçirimli mikroskop kadar yüksek ayırma güçlüdür; hem de taramalı elektron mikroskopundaki gibi görüntüyü TV ekranına yansıtır.

En büyük elektron mikroskopu, 3 milyon voltluk bir geçirimli aygıttır. Bu aygıt çok büyük olduğundan, ancak özel olarak yapılmış üç katlı bir yapı içine sığmıştır. Söz konusu sistem, çok yüksek enerji içeren elektronlar üretir ve böylece araştırıcılar, normal elektron mikroskoplarında kullanılan nesnelerden çok daha kalınlarını inceleyebilirler. Çok yüksek gerilimle çalışan ve yeni geliştirilen taramalı geçirimli elektron mikroskopları, nesnelerin daha da iyi incelenmesine olanak verecektir.

Örneklerin hazırlanması: Elektron mikroskopuyla incelemelerde, örneğin hazırlanışı iki bölüme ayrılır: Taramalı geçirimlileri de içeren geçirimli tür; yüzey taramalı tür. Biyolojik açıdan, geçirimli örneklerin hazırlanışı çok karmaşıktır ve bunları ince dilimler halinde kesebilmek için «ültramikrotom» adı

200 kV gücünde bir mikroskoptan, beş derecelik açı altında çekilmiş paslanmaz çelik bir örnek. (altta) Bu, gerçeğin 15 000 kez büyütülmüş görüntüsüdür.

Kalıtımın temel taşı sayılan bir gen fotoğrafı. (altta) Harvard Üniversitesi Tıp Okulu'nda çekilmiştir. Genin hesaplanmış boyu 1,4 mikron kadardır.

verilen pahalı bir aygıt kullanılır. Genellikle, örnek kalınlığı 400 — 1 000 angström arasında değişir. Metal örnekleri, elektrokimyasal cilalama yöntemiyle 1 000 angström'ün de altında inceltilebilir. Bazen metal örnekler, geçirgen bir film haline getirilerek de incelenebilir. Bu film, bir metal kafes üstüne geçirilmiş kalın bir plastik tabakaya kaplanır. Öte yandan, yüzey taramalı sistemde kullanılacak örneklerin hazırlanması çok kolaydır. Bazen örnek hazırlamaya bile gerek yoktur; ama örnek iletken değilse, saçılan elektronlarla iyi bir kontrast sağlamak için, örneklerin üstü ince bir altın tabakayla kaplanır.

ELEKTRON OPTİĞİ Bk. ELEKTRON MİKROSKOPU

ELEKTRON VOLT Bk. ENERJİ

ELEKTROSTATİK

Elektrostatik, durgun elektrik yüklerinin özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Ancak bu tanımı biraz daha açmak gerekir; çünkü adı geçen elektrik yükleri, belli bir ısıl çalkantının etkisi altındadır ve elektrik alanlar içinde harekete zorlanır. Bu yüzden tam anlamıyla «hareketsiz» oldukları söylenemez.

Dolayısıyle, elektrostatiğin, ELEKTRİK biliminin yüklü taneciklerin birbiriyle etkileşimini inceleyen bir dalı olduğunu belirtmek daha doğru olur. Elektrik yüklerinin hareketlerini inceleyen başka bir bilim dalı da *elektrodinamik*'tir. Elektrodinamik, elektrik akımı gibi fizik olaylarını ve buna ilişkin elektrik yüklerinin davranışını inceleyen temel dallardan biridir. ELEKTROMAGNETİZMA, hareketli elektrik yüklerinin oluşturduğu etkiyi konu edinen ve gelişmesini elektrodinamiğe borçlu olan bir başka bilim dalıdır.

Elektrostatik ve elektrik: 1800 yılına kadar, kararlı ve düzenli akım sağlayacak bir elektrik aracı geliştirilemedi. Ancak o yıl, İtalyan fizikçi Alessandro VOLTA, günümüzdekilerin öncüsü sayılan ilk «*Volta pili*»ni buldu. Bu üretecin ve ondan geliştirilen benzeri aygıtların yapımı sonucu, bilim adamları ilk kez, hareketli yüklerin etkisini inceleme olanağı buldular. XIX. yüzyılın sonlarına doğru James Clerk MAXWELL, elektromagnetizma yasalarını ortaya koymayı başardı.

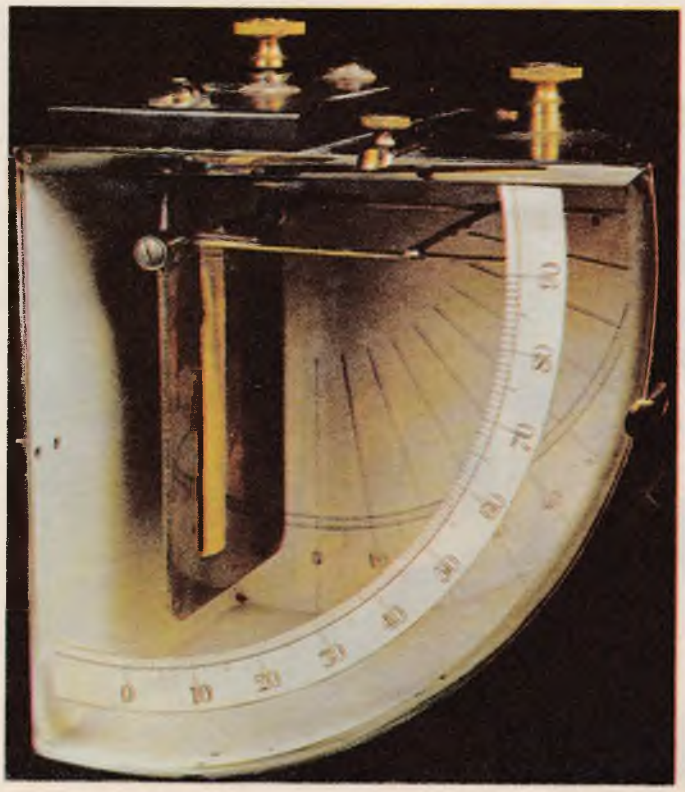
Volta pilinden önce, elektrik olaylarının incelenmesi, elektrostatikle sınırlı kalıyordu. 1800'lerden önce elektriğin tarihçesi, bütünüyle elektrostatiğin tarihçesinden oluşur. «Elektriklenme» denilen olay (sözgelimi, bir tarağın saça sürtüldükten sonra kağıt parçalarını çekmesi), İ.Ö. VI. yüzyılda Yunanlı düşünür Thales tarafından bulundu. Thales, amberin, bir yere sürtülmesi sonucunda küçük cisimleri çekebildiğini belirtti (günümüzde de kullanılan elektron sözcüğü, yunanca amber anlamına gelen *elektron* sözcüğünden türemiştir).

Elektrostatik, yüklü kuvvetler arasındaki itme ve çekme kuvvetlerinin ikisini de kapsar: Aynı türden yükler birbirini iter; ayrı türden yükler birbirini çeker. Sözgelimi, iki elektron arasında itici bir kuvvet vardır. Oysa atomda, eksi yüklü elektronlar ile artı yüklü protonlar (çekirdekte) arasındaki çekme kuvveti, atomun bir arada tutulmasını sağlayan en büyük etkendir. Elektrostatik kuvvet, bu anlamda, evrenin tutucusu ya da yapıştırıcısı olarak düşünülebilir. Kütle çekimi kuvveti, elektrostatik kuvvetten çok daha zayıftır.

Elektrik yükü: Elektrostatikte (ve elektrikte) en önemli yüklü tanecikler, eksi yük taşıyan elektronlardır. Elektrik yükü birimi *coulomb*'dur ve tıpkı kütle, zaman, uzunluk gibi, temel birim ya da boyutlardan biridir. Bir elektron, $1{,}6 \times 10^{-19}$ coulomb'luk eksi yük taşır. Elektrondan aşağı yukarı 2 000 kez daha büyük olan proton da, aynı nicelikte, ama artı yük taşır.

Akan elektronlardan oluşan elektrik akımı, amperle ölçülür ve iletken bir ortamdan, bir saniyede bir coulomb'un geçmesi biçiminde tanımlanır. Her elektronun ancak çok küçük yük taşıdığı düşünülürse, devreden saniyede geçen elektron sayısının çok büyük olduğu anlaşılır: Yaklaşık altı milyon kez

Kozmik ışınlar atmosferden geçerken, iyonlaşmış tanecikler (yüklü tanecikler) oluştururlar. Resimdeki (altta) altın yapraklı elektroskop, bu yükleri saptama amacıyla yapılmış eski bir aygıttır.



milyon kez milyon.

Elektrostatik kuvvet: Yüklü tanecikler ya da kütleler arasındaki çekme ve itme kuvvetlerini tanımlayan matematik bağıntı, «Coulomb Yasası» diye adlandırılır. Bu bağıntıda kuvvetin büyüklüğü, kütlelerin her birinin taşıdığı yüke, bunların arasındaki uzaklığa ve içinde bulundukları ortamın özelliğine bağlıdır. Bu özellik «*geçirgenlik*» diye adlandırılır.

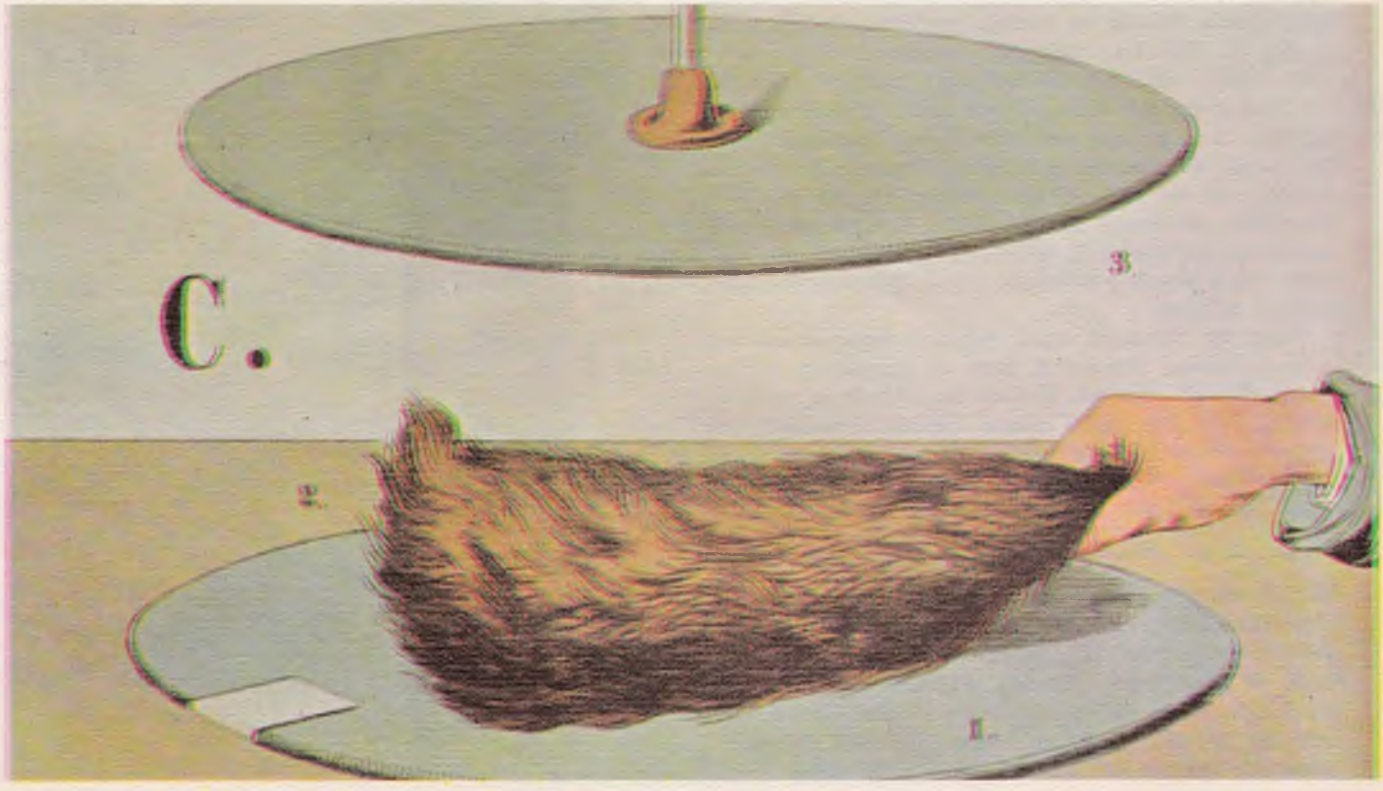
Söz konusu bağıntının matematiksel gösteriliş biçiminde elektrostatik kuvvet, iki yüklü kütle arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğundan, bu eşitlik «ters kare» yasalarından biridir. Başka bir deyişle, kütleler arasındaki uzaklık iki katına çıkarılırsa, elektrostatik kuvvet dört kat azalacaktır.

Elektrostatik alan: Görünüşte hiç bir bağ olmamasına karşılık, iki yüklü tanecik arasında bir elektrostatik kuvvet oluştuğundan, fizikte, bu iki yüklü tanecikten her birinin, öteki tarafından üretilen bir elektrostatik kuvvet alanı (Bk. ALAN VE KUVVETLER) içinde bulunduğunu varsaymak yararlı olmaktadır.

Bu yüzden, her yüklü taneciğin çevresinde bir elektrik alanının varlığından söz edilir. Yüklü tanecikten dışarı doğru her yönde ve tekdüze olarak yayılan kuvvet alanı, bir kütlenin çevresini saran birçok eşmerkezli küre olarak düşünülebilir. Kürenin yüzeyi üstünde, elektrik yükünün etkisi aynıdır; ne var ki, kütleden uzaklaşıldıkça, bu etki giderek azalır.

Kuramsal olarak kuvvet alanı, uzay içinde sonsuza kadar uzanabilir. Bununla birlikte uygulamada, ters kare yasasının yapısı gereği, yüklü bir taneci-

Wimshurst makinası. (üstte) Dış yüzeylerine metal yaprakçıklar yapıştırılmış, birbirine karşıt yönde dönen iki cam diskten oluşur. Metal yaprakçıklar, birbirine dik yönde yerleştirilmiş iki ayrı çift fırçaya sürtündüklerinde elektrikle yüklenirler (fırça çiftlerinden ikincisi arkada kaldığı için resimde görülmemektedir). Elektrik yükü, iki çift kol yardımıyla yaprakçıklardan toplanıp, kondansatör görevi yapan ve aygıtın iki yanında bulunan «Leyden» şişelerine gönderilir. «Sürtünmeyle elektrikleme» adı verilen bu tür yükleme yönteminin bir başka örneği, alttaki elektrofor resminde görülmektedir.



ğin çevresindeki elektrostatik alan, kütleden biraz uzaklaşılınca hızla azalır. Sözgelimi, çekirdekten birkaç atom çapı uzakta bulunan elektron, çekirdeğe çok düşük bir kuvvetle çekilir.

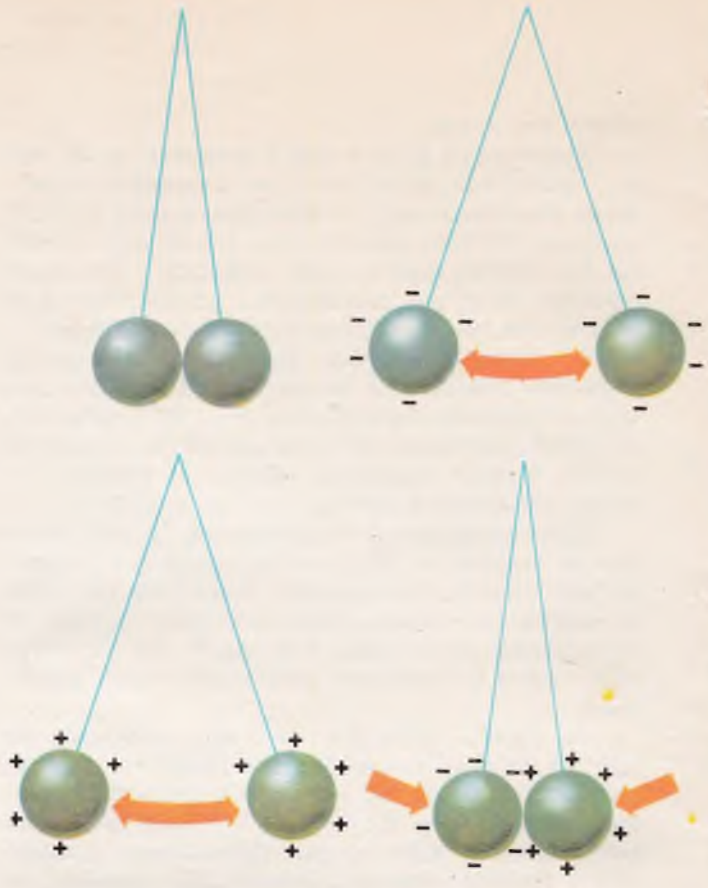
Artı yüklü atom çekirdeği çevresinde böyle bir alanın bulunması, yörüngedeki elektronların davranışlarını belirler.

Potansiyel ve gerilim: Çekim alanındaki bir kütle, bu alan içindeki yerine bağlı olarak, bir potansiyel enerji taşımaktadır. Bu kütle düşmeye bırakılırsa, taşıdığı potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür ve kütle de giderek hız kazanır. Aynı biçimde, elektrostatik bir alanda bulunan yüklü bir kütlenin, bu alan içindeki yerine göre bir «potansiyel»i vardır. Sözgelimi, artı yüklü bir kütle çevresinde, büyüklüğü kütle üstündeki yüke bağlı olan bir elektrostatik kuvvet alanı bulunur. Bu alan içindeki herhangi bir noktanın potansiyeli, sonsuz uzaklıktaki artı yüklü birim kütleyi bu noktaya getirilebilmek için gereken enerji niceliğiyle tanımlanabilir. Bu, kütle çekimi potansiyeli ile de bağdaştırılabilir; çünkü artı yüklü birim kütle, hareketi sağlayacak potansiyel taşımaktadır. Bulunduğu yerden kurtulabilseydi, üstündeki itici kuvvetin etkisiyle uçup gidecek ve sonsuzda ilk potansiyeline eşdeğer bir kinetik enerji kazanacaktı.

Alan içindeki iki nokta arasındaki potansiyel farkı ya da gerilim, artı yüklü birim taneciği bir noktadan ötekine taşımak için gereken enerji niceliğiyle ölçülür.

Uygulamalar: Elektrostatik özellikten yararlanan aygıtlar, yalından karmaşığa kadar uzanan çeşitli biçimlerdedir. Elektrik ve elektronik devrelerde sık sık kullanılan KONDANSATÖR'ler, elektrodinamiğin bir uygulaması olmalarına karşın, gerçekte elektrostatik araçlardır. Elektrik yükleri, kondansatörden geçemez, ama kondansatörün levhaları üstünde toplanırlar. Elektrostatik alanındaki en eski buluşlardan biri, çalışma ilkesi çağdaş kondansatörlere benzeyen «Leyden Şişesi»dir. Bu aygıt, iç ve dış yüzeyi ince metalle kaplı yalın bir cam şişeden oluşur. İyi bir yalıtkan olan cam, dielektrik görevi yapar; dolayısıyle, metal tabakanın bir yüzünün, «elektriklenmiş» bir cisme değdirilmesi, elektrik yüklerinin metal üstünde depolanmasına yolaçar.

1787'de bulunan altın yapraklı elektroskop da, hem kuramsal bakımdan, hem de uygulama açısından yalın bir aygıttır. İletken bir çubuğa asılmış iki küçük altın yapraktan oluşur. Çubuk, genellikle çok ince ve kısadır. Çubuğun öteki ucuna metal bir levha tutturulmuş ve bu levhanın altında kalan bölümün tümü, kapalı bir cam koruyucu içine alınmıştır. Yük-



Van de Graaff jeneratörü

Elektrostatik kuvvet, benzer yüklü iki topun birbirini itmesini sağlarken, karşıt yüktekilerin birbirini çekmesine yolaçar. (sağda) Van de Graaff jeneratöründe elektrik yükleri bir fırçadan, dönen kayışa aktarılır. Fırçanın keskin uçları eksi gerilimde tutulur. Yükler, ayrı bir fırçadan toplanıp, büyük kürenin yüzeyine aktarılır. Burada çok yüksek bir gerilim birikir.

lü bir cisim (sözgelimi bir kumaşa sürtülmüş cam çubuk), bu levhaya değdirilirse, elektrik yükü, metal çubuktan yapraklara doğru akar. Böylece altın yapraklar, aynı türden elektrik yükü kazanır ve aynı işaretli yükler birbirini iteceğinden ayrılırlar. Yapraklar arasındaki ayrılma niceliği, kabaca yükün büyüklüğünü gösterir. Metal levha ve çubuktan yapraklara ne kadar yük taşınırsa, itici kuvvet de o kadar büyük olacaktır. Cam koruyucu elektrik yüklerinin havaya dağılmasını önlediğinden (çünkü yalıtkandır), elektroskopta da yük birikimi oluşur. Bu aygıta, günümüzün laboratuvarlarında da raslanabilir.

XIX. yüzyılda *Elektrofor* ve *Wimshurst makinası* gibi, elektrostatik yük üretip depolayabilen daha ileri laboratuvar aygıtları geliştirilmiştir. Etkili ve güvenilir yük kaynakları olan bu aygıtlar, cam ya da plastik bir çubuğu kumaşa sürtmekten çok daha iyi sonuç verirler. Ancak temel ilkeleri aynıdır, yani sürtünmeyle elektriklenmedir.

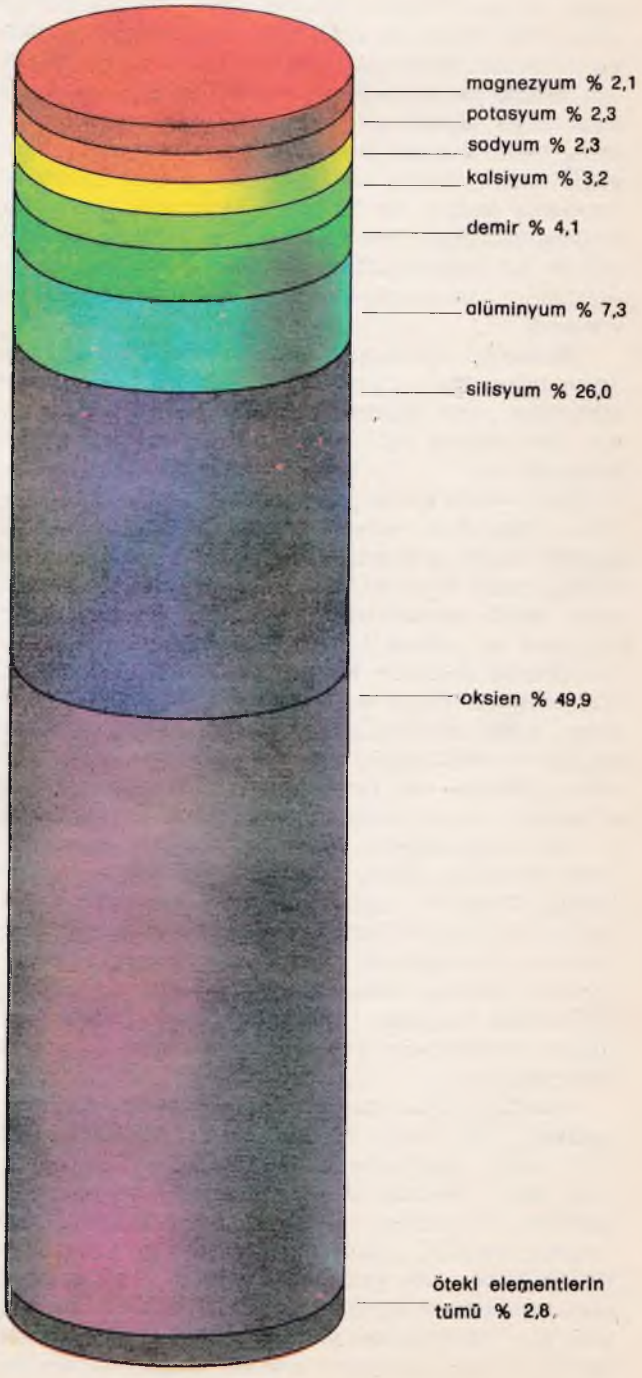
Elektrostatik makinaların en gelişmiş Van de Graff jeneratörüdür . Aygıt, yalıtkan temel üstünde yükselen bir sütunun tepesine yerleştirilmiş büyük bir metal küreden oluşmaktadır. Sütunun içinde sürekli dönen bir kayış bulunur; ancak, kayışın yapıldığı malzeme, hem elektrik yüklerini üstüne toplama, hem de bunları yükleyici jeneratörden alıp metal küreye aktarabilme özelliği taşır. Kuramsal olarak herhangi bir yalıtkan, kayış olarak kullanılabilir; ama uygulamada, genellikle kauçuklu malzemeler üstün tutulmaktadır. Metal kürenin büyüklüğü, yüzeyinde büyük miktarda yük toplanabileceğini ve toprağa oranla milyonlarca voltluk bir potansiyel farkı oluşacağını gösterir. Bu yüksek gerilim, çoğunlukla TANECİK HIZLANDIRICILARI'nda kullanılarak, yüksek hızlı elektron demetleri elde edilir. Elektron demetleri, altın ve tungsten gibi hedeflere çarptırıldıklarında, X ışınlarının yayılmasına neden olurlar. X IŞINLARI da, kanser hücrelerinin tedavisinde, ameliyat aygıtlarının mikroptan arındırılmasında, nükleer tepkimelerin incelenmesinde ve benzeri işlemlerde kullanılır.

ELEMANTER TANECİK Bk. TANECİK FİZİĞİ

ELEMENT, KİMYASAL

Kimyasal element, maddenin en yalın halidir. Atomların içerdiği elektron sayısına göre numaralanan elementlerin yaklaşık 90'ı doğada bulunur. Önemli sayılabilecek miktarlarda bulunan en ağır element, uranyumdur (atom numarası 92); ama 1972'de eser miktarda plütonyum (atom numarası 94) bulunmuştur. Günümüzde, TANECİK HIZLANDIRICILARI'yla, yapay olarak, daha da ağır elementler yapılmaktadır. Bunun için, atomaltı taneciklerle (proton ve nötronlar) ağır elementler bombardıman edilir. Bu taneciklerden bazıları, kısa bir süre için de olsa element atomuna yapışır. Böylece, atom numarası 106'ya kadar varan kimyasal elementlerin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ancak, burada söz konusu olan, bireşimlenmiş radyoaktif elementler değil, bütün maddelerin yapı taşlarını oluşturan doğal elementlerdir. Bazı ele-

Yeryüzünde bulunan maddenin tümünü, oluştuğu elementlere ayırmak olanağı bulunsaydı, elementlerin dağılımı aşağıdaki gibi olurdu. En bol bulunan elementler, çeşitli kaya ve mineralleri oluşturan oksijen ve silisyumdur. Evren de, yaklaşık % 90 hidrojen atomundan oluşur.



mentler doğada serbest halde bulunur: Altın; platin; bakır; azot; vb. Bununla birlikte çoğu, başka elementlerle birleşerek, bazen oldukça karmaşık kimyasal BİLEŞİK ya da bileşik karışımları ortaya çıkarır.

Bir element, aynı türde atomlardan oluşur. Bu nedenle, bir arı metal parçasının, sözgelimi bakırın, milyonlarca bakır atomundan oluştuğu söylenebilir.

İ.Ö. VI. yüzyılda Yunanlı düşünürler, maddeye ilişkin kuramlarını, «temel elementler» adını verdikleri su, hava, ateş ve toprak üstüne geliştirmişlerdi. Bilinen bütün maddelerin, bu dört elementten oluşturulabileceğine inanmışlardı. Element sözcüğünü, yalın ve arı maddeler için kullanan ilk kişi BOYLE oldu. 1803 yılında da DALTON, elementlerin «kimyasal birleşme yasası»na göre bir araya gelme biçimleri üstüne araştırmalarını yayımladı. Böylece, atomların bağıl ağırlıklarını, kimyasal bileşiklerdeki birleşme oranlarından hesaplama olanağı doğdu. Sözgelimi Boyle, suyun oluşması için, ağırlık olarak sekiz birim oksijen ile bir birim hidrojenin gerekli olduğunu bulmuştu. Dolayısıyle, suyun, iki hidrojen atomu ile bir oksijen atomu içerdiği ve oksijenin atom ağırlığının, hidrojeninkinin 16 katı olduğu, ortaya çıkarıldı.

Kimyasal elementler, atomlarında bulunan kütlenin miktarını belirten *atom kütlesi*yle tanınırlar. Sözgelimi, atom kütlesi en düşük element hidrojendir: Bir gramın milyon kez milyon kez milyon kez milyonda biri (10^{-24}). Ancak bunlar oldukça kaba birimlerdir ve bu yüzden, atom kütlesi yerine *atom ağırlığı*nı kullanmak daha kolay olur. Atom ağırlığı, elementin bağıl ağırlığının, karbonun en bol bulunan İZOTOP'uyla karşılaştırılmasıyla elde edilir (bir atomun izotop çekirdeklerindeki nötron sayısı değişebilir; ama bu, elementin kimyasal özellikleri bakımından önemli değildir). Karbonun atom ağırlığı, tam 12 olarak alınır. Öteki elementlerinki ise şöyledir: Hidrojen 1,008; helyum 4,003; oksijen 15,999; uranyum 238,03; vb. 1961 yılına kadar, elementlerin atom ağırlıkları oksijene (16) dayandırılarak hesaplanırdı; ama o tarihten sonra hidrojen temel alınmaya başlandı.

Bir başka önemli değer de, *atom numarası*dır. Atom numarası, atom çekirdeğindeki proton sayısını belirtir. Sözgelimi, hidrojenin atom numarası 1, helyumunki 2, oksijeninki 8, uranyumunki 92'dir. Atom numarası aynı zamanda, çekirdek çevresindeki yörüngelerde bulunan elektronların sayısını da belirtir. Elektronlar kimyasal bakımından büyük önem taşır; çünkü, elementlerin kimyasal özelliklerini belirleyen, elektronlardır.

Sınıflandırma: Sayıları yaklaşık 100'ü bulan elementlerin 65'i metal, 15'i ametal, 6'sı da ASAL GAZLAR olarak sınıflandırılır. Geri kalanları sınıflandırmak kolay değildir. Bunlar arasında arsenik, germanyum ve antimon sayılabilir. ALKALİ METALLER (lityum, sodyum, potasyum, rubidyum ve sezyum) ve HALOJEN'ler gibi gruplarda, grup üyeleri arasında belli benzerlikler vardır. Elementler atom numaralarına göre dizildiğinde, benzer özellikleri taşıyan elementlerin (aynı gruptan) düzenli aralıklarla sıralandığı görülür. Bu nedenle söz konusu tablo, PERYODİK ÇİZELGE diye adlandırılır.

ELEVATÖR

Tahıl gibi ambalajsız yüklerin bir düzeyden başka bir düzeye taşınmasında, bu maddelerin olabildiğince dar bir alandan en kısa zamanda kaldırılması gerekir. Bu tür taşıma, elevatörlerle sağlanır.

Çeşitli elevatörler başlıca şu gruplarda toplanabilir: Kovalı; pnömatik; zincirli; ARKHİMEDES burgulu. Bu elevatörler, tahılın yanı sıra, DÖKME YÜK TAŞIMACILIĞI'nın öteki alanlarında da kullanılır:

Kovalı elevatör: En yaygın elevatör türüdür ve tahıldan kireçtaşına kadar birçok dökme yükün taşınmasında kullanılır. Bu elevatörlerin kaldırma kapasiteleri ve yükseklikleri çok çeşitlidir; 3 m yüksekliğe saatte 2 tondan, 60-90 m yüksekliklere saatte 2 000 ton kapasiteye kadar değişir. Kullanılan elevatör ile taşınacak maddenin uyuşması çok önemlidir. Bu uyuşma, bir *merkezkaç* ya da *pozitif* boşaltma birimi kullanılarak sağlanır. Merkezkaç sistemli makinalarda, taşınan madde kovadan, kovanın izlediği eğime teğet olarak doğal kuvvetlerle boşalır. Pozitif boşaltmalı makinalardaysa, kovalar, boşaltma noktasında ters döner. Kovalar zincir ya da kayışla taşınır. Merkezkaç boşaltmalı sistemlerde çoğunlukla kayış, ikinci sistemde ise zincir (büyük birimler için iki zincir) kullanılır.

Pnömatik elevatör: Bu tür elevatörler özellikle DOK'larda, okyanusaşırı gemilerle taşınan yüklerin mavnalara ya da kıyı tesislerine saatte 2 000 tona varan bir hızla boşaltılmasında kullanılır. Dökme yük, hortumun boşaltma ağzındaki bir pervanenin ya da döner üfleyicinin yardımıyla çekilir. Emici hortumların esnek malzemeden yapılması, gelgit olayı gibi etkilerle gemi yüksekliğinin değişmesi durumunda kolaylık sağlar. Saatte 70-80 tonluk küçük kapasiteli sistemlerde, pnömatik mekanizma raylar üstüne yerleştirilir ve bir dizel motoruyla bağımsız olarak hareket ettirilir.

Zincirli elevatör: Bu sistem, bir çelik borudan oluşur. Borunun içinde, eklem yerlerinde dökme yükü iletmeye yarayan «kanat» uzantıları bulunan bir sonsuz zincir vardır. Bu türden makinalar bir kez çalıştığında, aktarılan madde, girişten çıkışa kadar makinayı doldurur. Böylece, taşınan maddenin parçacıkları, makinanın zinciriyle birlikte birbirini iterek yukarı akar. Bu iletim, düşey, yatay ya da ikisinin birleşimi biçiminde olabilir.

Arkhimedes burgulu elevatör: Yalnızca «*burgu*» adı da verilen bu sistem, kesiksiz iletme ilkesine göre çalışır. Uzunluğu yaklaşık 9 m olan makina, genellikle yatayla 70° - 80° açı yapacak biçimde eğimlendirilir. İki tekerlekli bir şasi üstüne takılı olan ve kapasitesi saatte 20-30 tonu bulan bu makinalar, tarım endüstrisinde yaygın olarak kullanılır.

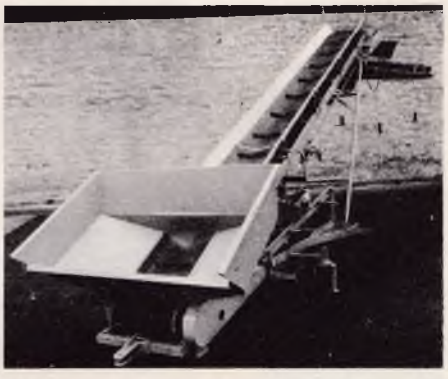
Düşey burgulu elevatörler de, yatay Arkhimedes

Pnömatik tahıl elevatörü. Alttaki depodan akan tahıl, bir kompresörün oluşturduğu hava akımına kapılır. Önce aktarma borusundan pozitif basınçla, üstteki, basıncın az olduğu siklon ortamına itilir. Ardından, yerçekimiyle aşağı düşer. Bu sırada hava, üstten çıkar.

1

2

3



Bir gemi ambarından tahıl boşaltan pnömatik elevatör hortumu. (Resim 1) Silolara yerleştirilen hareketsiz elevatörler, tahılı doğrudan doğruya depolara aktarır. Hareketli elevatör sistemleri, değirmen ve silolara ya da doğrudan taşıtlara ve raylı arabalara boşaltma yapar.

Bir Arjantin dokundaki pnömatik elevatör. (Resim 2)

Çiftliklerde kullanılan taşıyıcı bantlı elevatör. (Resim 3)

burgulu aktarma sisteminin bir uygulamasıdır. Ancak bunlarda, bıçakların açıları ve çapları değiştirilerek, istenen ağırlıkta yükü yukarı çıkarma olanağı vardır.

ELMAS

Elmas ilk kez, yaklaşık 2 000 yıl önce Hindistan ve Borneo'da bulundu. 1725'te Brezilya'daki elmas yatakları, 1866'da Güney Afrika'daki elmas madeni filizleri ortaya çıkarıldı. Günümüzde, Güney Afrika ve Sovyetler Birliği, en büyük elmas üreticileridir. 1953'ten bu yana, elmasın yapay üretimine de başlanmıştır. Elmas, hem az bulunan en güzel mücevherler arasındadır, hem de endüstri ve teknoloji açısından çok büyük önem taşır.

Elmas filizi: Elmasların kaynağı, «kimberlit» adı verilen yanardağ kayaçlarıdır. Kimberlit, yanardağ baca ve yarıklarında oluşur. Bacalar, genellikle daire biçimindedir; çapları, birkaç metre ile birkaç bin metre arasında değişir. Kimberlit mika, nar taşları ve zirkon gibi yardımcı mineraller içerir. Bu mineraller, yerbilimcilerin kimberliti kolayca tanımasını sağlar. Ama, bütün kimberlitler elmas içermez. Doğal kimberlit, gri-mavi renktedir; bu yüzden «*mavi toprak*» adı da verilir. Doğal kimberlit ya da mavi toprak, havayla karşılaştığında bozunur ve «*sarı toprak*» adı verilen sarımsı renkte bir kile dönüşür. Elmaslar, ya kimberlit yataklarından ya da ırmak ve sel sularının oluşturduğu birikintilerden çıkarılır.

Söz konusu birikintiler, yanardağ püskürmesi sonucu yüzeye çıkan kimberlitin hava etkisiyle aşınması ve akarsularla sürüklenip, asıl kaynağından çok uzaklarda yeniden birikmesiyle oluşur. Afrika'daki en önemli alüvyon birikintileri, Atlas Okyanusu kıyısında bu yolla ortaya çıkmıştır ve günümüzde Consolidated Diamond Mines of South West Africa adlı bir şirket tarafından işletilmektedir. Buradan çıkarılan elmasın, daha içerilerdeki bir kaynaktan, Orange ırmağı aracılığıyla taşınmış olduğu sanılmaktadır.

İki bin yıl içinde yalnızca 230 ton elmas çıkarıldığı hesaplanmıştır. Bu ürünü elde etmek için, en az 5 milyar ton kaya, kum ve çakıl işlenmiştir. Alüvyon birikintilerinde elmasın artıklara oranı, 15-30 milyonda birdir.

Elmas çıkarma yöntemleri: Eskiden kimberlit birikintileri, yalın açık tavanlı ocak yöntemiyle işlenirdi. En büyük kazım Kimberley'deki (Güney Afri-

ka) 240 m'lik ocaktı. Günümüzde açık kazımın bir örneği, en geniş yerinin çapı 535 m olan Finsch yatağıdır. Burada, en az 300 m derinliklere kadar uzanan kimberliti açığa çıkarmak için, 12 metreye yakın üst toprağı ve molozu temizlemek gerekmiştir. Finsch yatağında maden çalışmaları, 12 m düzeyinde sürdürülmektedir. Kimberlit bu düzeyde, yatağın kenarlarından çıkarılıp, kamyonlarla işleneceği fabrikalara götürülmektedir. Kimberliti yeraltı maden ocaklarından çıkarma işlemi, oldukça derinlerde çalışmayı gerektirir. Sözgelimi Kimberley madeni, 900 m derinliktedir.

En eski yeraltı işletmesi yöntemi, 1890'da Kimberley'de geliştirilen *oda oluşturma* yöntemidir. Kimberlit bacasından oldukça uzağa birkaç yüz metre uzunluğunda kuyular açılır. Sonra, bacada yatay kuyular oluşturulur ve bunlardan mavi toprağa tüneller uzatılır. Böylece, mavi toprağın mekanik olarak çıkarılabileceği bir odalar sistemi oluşturulur. Buradan günde 5 000 tona kadar filiz çıkarılabilir. Bu yöntem, *kütle göçertme* gibi yüksek üretim gücü olan yöntemlerin bulunmasıyla, kullanılmamaya başlanmıştır.

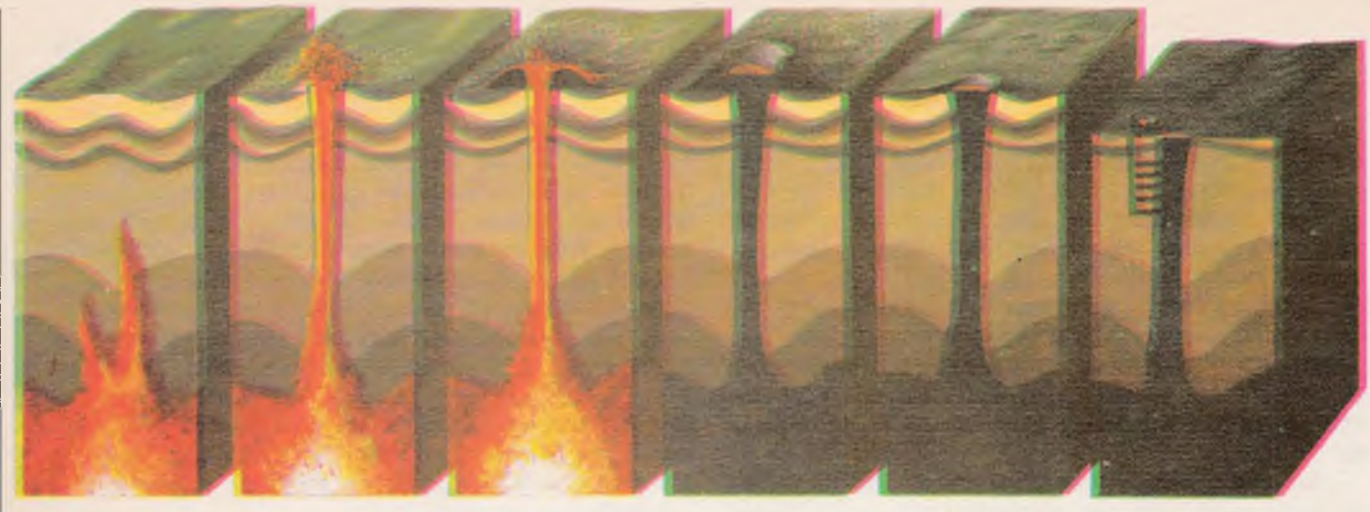
Kütle göçertme yönteminde, boşaltma kuyusuna, «kazıntı kanalları» adı verilen geçitler açılır. Bu kanalların yanlarında, her 3,5 m'de bir, 1,2 m × 1,2 m kesitli eğimli girintiler bırakılır. Bunlar, mineralin çıkarılacağı yerlerdir ve kanallarda karşılıklı olarak açılmıştır. Girintilerin üstünde koni biçiminde oyuklar oluşturulur. Sonra, bütün girişlerin üstünden, kuyu alanına uzanan 2,2 m kalınlığında yatay bir dilim kazılır. Bu işlem, altı boşalan kimberlit kütlesini havada asılı bırakır. Filiz kırılarak, koni biçimindeki açıklıklara düşer; oradan da aşağıdaki kazıntı kanallarına iner. Döküntü kimberliti oradan alıp, yüzeye gönderildiği yeraltı kırıcılarına taşıyacak kamyonlara yükleme işlemi, mekanik kazıcılarla gerçekleştirilir. Geçitten kazıcıya artık kayalar gelmeye başlayınca, o bloktaki kazım bitmiş demektir ve alt düzeye geçilir. Bir önceki işlem sırasında, birkaç yüz metre aşağıdaki bu alt düzeyde de, benzer kütle göçertme işlemleri için hazırlıklar tamamlanmıştır.

Alüvyonlu madenciliğe verilecek en iyi örnek, Consolidated Diamond Mines işletmesinin maden yatağıdır. Burada yapılan ilk işlem, her ay 2 500 000 m^3 kadar tutan kumun temizlenmesini de içeren, üst toprağın alınmasıdır. Bu üst toprak, dizelli kazıyıcılarla kaldırılır. Ortaya çıkarılan çakıl yatak, buldozerlerle yığınlar haline getirilir ve eleme işletmelerine gönderilir. Taraça çakıllarındaki elmasın büyük bir yüzdesi, tabandaki kaya yatağının hemen yakınında bulunur; bu yüzden kaya, yatağa kadar bütünüyle temizlenmelidir. Koşullar uygunsa, «Vacuveyer» adı verilen vakumlu dev temizleyiciler kullanılır. Kazılan yüzey büyüdükçe, çıkarılan üst toprak, geride kalan temizlenmiş kaya yatağının yeniden dol-

Kimberlit (mavi toprak) parçalarının, elmasın öteki minerallerden ayrılmasındaki ilk adımı oluşturan kırma makinalarına taşınması. (üstte)

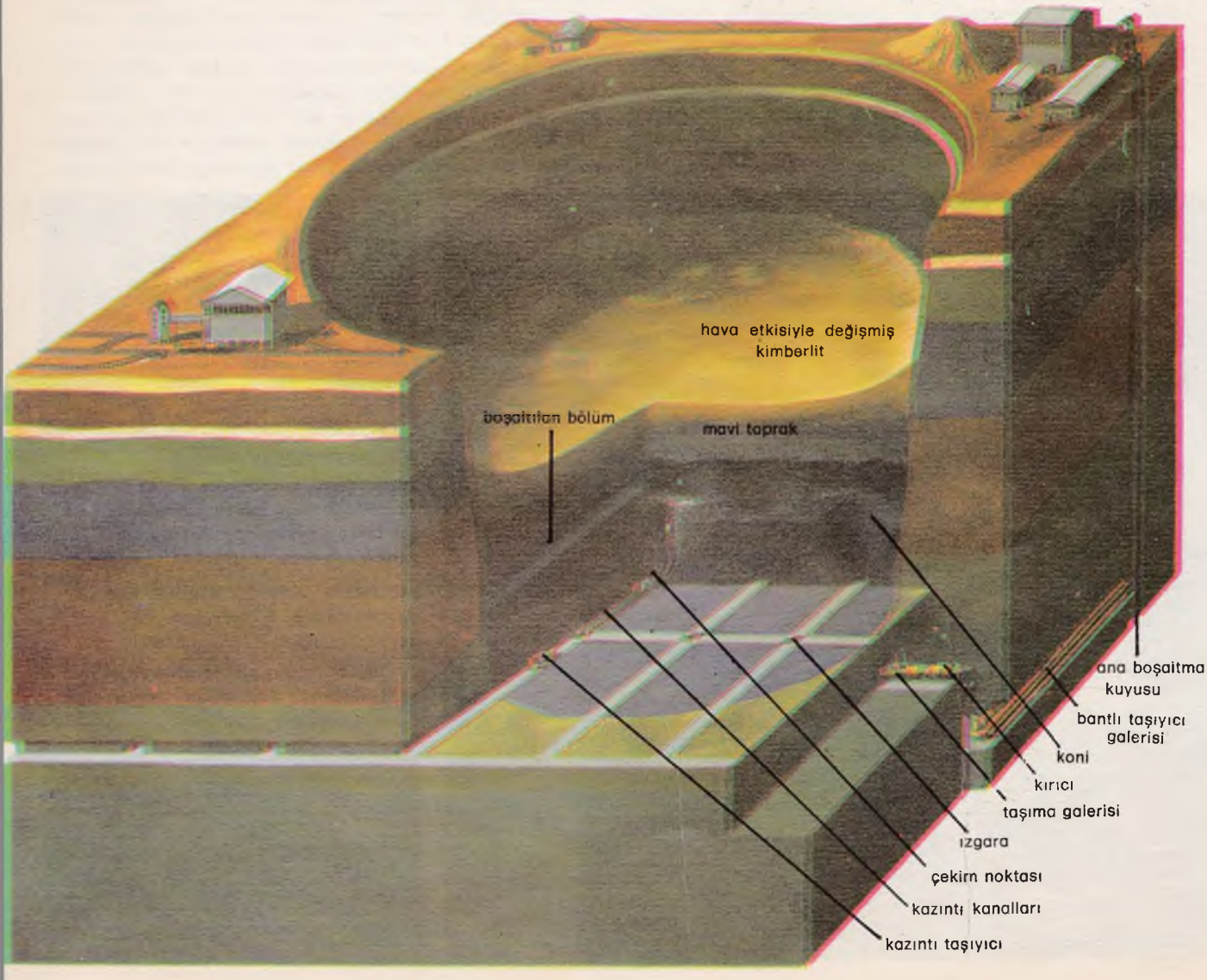
De Beers' Premier madeninde dinamitleme hazırlıkları ve yerleştirilen fitiller. (solda)

Elmasın başka minerallerden ayrılmasında kullanılan gresli bant yöntemi. (altta) Elmaslar grese yapışmaktadır.



Kimberlit bacasının oluşumu. (üstte) Erimiş magmanın basıncı arttığında, üstteki kaya çatlamaya başlar. Çatlak, yüzeye ulaşır ve yüzeyde bir lav konisi oluşur. Bu koni, havanın etkisiyle değişime uğrar, aşınır ve kolayca işlenebilir.

Kütle göçertme yöntemiyle kazılan bir elmas madeninin kesiti. (altta) Betonla pekiştirilmiş kazıntı kanallarının üstünde, eğimli koni biçimli ağızlar vardır. Bu noktalardan kimberlit içeri alınır, kanala dökülür ve kırıcı makinalara taşınır.



durulmasında kullanılır.

Güneybatı Afrika kıyılarının açığında, okyanusun dibinde bulunan elmasları çıkartmak için, Marine Diamond şirketi, deniz yatağından çakılı emen, büyük yüzer işletmeler kullanmıştı. Bu yöntem artık kullanılmamaktadır.

Elmasın filizlerden ayrılması: Elmasların filizden zarar görmeden ayrılması gerekir. Ancak, filiz içinde elmasın bulunup bulunmadığı kimyasal yollarla saptanamadığından, bu işlemin özel yöntemlerle gerçekleştirilmesi zorunludur. İlk adım, elmasın ortaya çıkması için kayanın kırılması ya da öğütülmesidir. Ardından, ağırlıkla deriştirici aygıt kullanılarak, elmas bakımından değersiz bölüm *(hazırlama artığı)*, zengin bölümden *(derişik töz)* ayrılır.

Ağırlıkla deriştirici aygıtlar arasında, döner yıkama tavası ve çeşitli ağır ortam ayırıcıları sayılabilir. 1874 yılında Kimberley'de geliştirilen yıkama tavasına *çamur* doldurulur. Çamur, ayrışmış kimberlit ve sudan oluşur; ayrıca, hafif tanecikleri asıltıda tutacak kadar da ağdalıdır. Elmas ve ağır mineraller dibe çökerken, hafif bölüm, yani artık, üstten tavanın dışına akıtılır. Başlıca üç tür ağır ortam ayırıcısı vardır: Koni; kaldırıcı çark; hidrosiklon. Ağır ortam genellikle, suyun 2,7 - 3,1 katı yoğunlukta, demir ve silis tozundan oluşan bir çamurdur. Hafif tanecikler yüzeyde kalır; ağır olanlar dibe çöker ve toplanır. Koni aygıtı, içinde koni biçiminde bir karıştırıcı bulunan, koni biçiminde bir tanktan oluşur. Karıştırıcı, tankın kenarlarını temizler ve ağır taneciklerin aşağı inmesini sağlar. Aynı zamanda da, hafif taneciklerin üstten dışarı akmasına neden olacak biçimde çamuru karıştırır. Kaldırıcı çark, yarısına kadar çamurla doldurulmuş, üstünde kaldırıcı kanatlar bulunan bir çarktır. Kanatlar, dibe çöken ağır tanecikleri toplar ve tepedeki bir boşaltım yerine döker. Hidrosiklon ise, ağır taneciklerin merkezkaç kuvvetiyle savrulduğu bir burgaç akımı oluşturur.

Ayrılan derişik töz, daha sonra, bol suyla birlikte bir gres tezgâhından ya da bandından geçirilir. Gresli yüzeyle ayırma yöntemi, Kimberley'de 1896 yılında bulunmuştur. Madenden yeni çıkarılmış kimberlitteki elmaslar, grese sıkıca yapışır. Öteki ağır mineraller suyla akıtılır. Elmaslar tezgâhtan alınır; kaynar suyla üstlerindeki gres temizlenir. Gres tezgâhının toplama verimi % 99'dur.

Daha az verimli olan öteki yöntemlerde elektrostatik, magnetik ya da optik aygıtlar kullanılır.

Elmas bireşimi: 1953'e kadar bütün elmaslar madenlerden çıkarılırdı. 1953 yılında ASEA adlı bir İsveç şirketi, karbona ısı ve basınç uygulayarak, ilk yapay elmas üretimini gerçekleştirdi.

İki ana karbon billuru vardır: Grafit; elmas. Elmasta, karbon atomları sıkı ve düzgün bir yapı içindedir; grafitte ise, yapı daha gevşektir ve bakışımlı değildir. Elmasın yoğunluğu 3,52'dir (granit 2,5; grafit 2,3). Böylesine güçlü bağlarla bağlı bir billurun üretimi, yüksek enerji uygulanmasını gerektirir. İlk elmas bireşimi araştırıcıları, grafite karbon atomları arasındaki bağları gevşetecek ısı uygulanabilirse ve atomları birbirine yaklaştıracak ölçüde yüksek basınç verilebilirse, yoğunluğun artırılabileceğini savunan kuramlar öne sürüyorlardı.

XIX. yüzyılda birçok girişimde bulunuldu; ama karşılaşılan teknik sorunların üstesinden gelinemedi: Yaklaşık 2000°C'lık sıcaklık ile 90 000 atmosfer dolayında basınç gerekiyordu ve bu işleme dayanabilecek bir araç yapılamamıştı.

23 yıllık bir çalışma sonucu ASEA, bu sorunu, piramit biçimli altı pistondan oluşan yetkin bir hidrolik presle çözdü. Piramitlerin birinden elektrikli ısıtıcılar sokuluyordu. Pistonların oluşturduğu kürenin merkezinde ortaya çıkan basınç, dış yüzeylere uygulanan basıncın, dış yüzey ve iç yüzey alanlarının birbirine oranı ile çarpımına eşitti. Böylece 5 800 atmosferlik bir basınç uygulanmasıyla, yaklaşık 97 000 atmosferlik bir basınç elde ediliyordu.

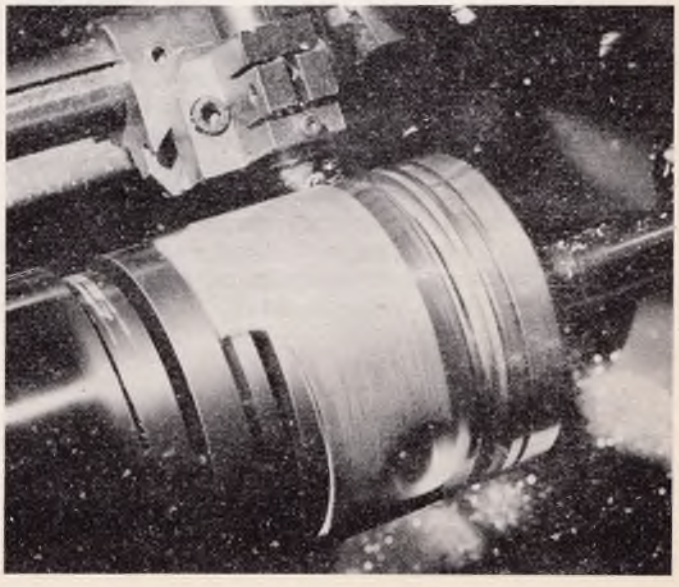
15 Şubat 1953'te başarıya ulaşıldı. Şirkete yaklaşık 336 000 dolara mal olan 40 küçük billur üretildi.

O günden bu yana elmas bireşimi, aralarında A. B.D., S.S.C.B., Güney Afrika ve Japonya'nın da bulunduğu birçok ülkede gerçekleştirilmektedir.

Yapay elmasların fiziksel, kimyasal ve optik özellikleri, doğal elmaslar ile aynıdır. Donuk sarı ya da gri-siyah renktedirler; bu güne kadar üretilen en büyük billur, 1 mm boyundadır ve yalnızca endüstride kullanılmaktadır.

Endüstride kullanılan elmaslar: Elmasların, Romalılar döneminde gravür yapımında kullanıldığı sanılmaktadır. 1819 yılında İngiltere'de, ilk kez tel çekimi için bir elmas kalıp patenti verildi; ilk elmas matkap ucu ise 1864'te kullanılmaya başlandı. 1870'te, New

Elmas uçlu torna kalemi, dizel motoru pistonunun yüzeyini işler. (altta) Elmas dışında hiç bir maddeden, böylesine dayanıklı kesim araçları yapılamaz.



York'ta elmas torna tezgâhları yapıldı.1900'lerde endüstride, toplam 700 000 kırat elmas kullanılıyordu (günümüzdeyse, dünya tüketimi yılda 50-70 milyon kırat dolayındadır). 1920 ve 1930'larda mühendislerin, takım tezgâhlarında yüzey işleme için kullanılan aşırı sert karbürlü kalemleri işleyebilme yollarını araştırmaları sonucu elmas, dünyanın en önemli aşındırıcısı (Bk. AŞINDIRICILAR) oldu.

Sertliğinin yanı sıra, elmasın en büyük fiziksel özelliği, billur kafes düzlemleri boyunca yarılabilmesidir. Yarma işlemleriyle elmas, farklı uygulamalar için değişik boyut ve biçimlerde kesilebilir. Endüstride kullanılan elmasın % 75'i, aşındırıcı toz olarak tüketilir. Reçine, metal ya da seramikle karıştırıldığında, şerit testerelerin, eğelerin, matkap uçlarının, honlama taşlarının, testere bıçaklarının ve camdan çok sert metallere, taş ve betona kadar her şeyi kesip işleyebilen araçların yüzey kesim parçası olarak kullanılır. Cilalama tozu olarak da olağanüstü yüzey düzgünlüğü sağlar.

Bazı uygulamalarda, sözgelimi petrol kuyusu kazmada ve betonda delik açmada elmaslar, bütün olarak kullanılır. Bir elmas kalıptan saatte 160 km hızla tel çekilebilir. Bu hızda, metal kalıplar birkaç saniyede parçalanır. Uygun biçime getirilen elmas parçaları, pikaplarda iğne olarak da kullanılır. Bu iğneler, öteki uçlardan dayanıklıdır.

Elmastan yapılan takımların, darbeli takımlar ile karşılaştırıldığında hızları, görece sessizlikleri ve duyarlıkları, beton işlemede büyük kolaylık sağlar. Yapımcılar, elmastan yapılmış araçlardan yeni alanlarda yararlanmaktadır; Beton taşlamada; inşaatlarda gereken kanalları açmada; örnek kesiminde; kaldırımlarda büzülme ve genleşme nedeniyle gelişigüzel çatlamaları önlemek için ek yerleri açmada. Elmas bıçaklı beton taşlayıcıları, kaymayı önleyen ve suyu kolayca akıtan yüzeylerin yapımında kullanılır. Böylece, havaalanı pist ve yollarındaki kayma sorunu çözülmüştür.

Yanlış payı az olan ve uzun süre kullanılabilen araçları gerektiren otomasyon, elmastan yapılmış araçların bu özelliğinden yararlanır. Yüksek hızlı bir çelik takım ya da uç, 8 km uzunluğunda bir kesim yapar; buna karşılık, elmastan yapılmış bir takım, 2 000 km'lik bir kesim gerçekleştirebilir. Elmas takımlarla 0,0025 mm'lik toleransta iş görülebilir; öteki araçların hiç biri, uzun süre bu kadar düşük bir toleransla çalışmaz. Günümüzde elmaslar, uzay araçlarının başlıklarından ve ısı kalkanlarından, yakutlu lasere ve basılı mikrodevrelere kadar uzanan çeşitli araçların üretiminde kullanılmaktadır.

ELMAS TRAŞLANMASI VE CİLALANMASI

Ham elmas, billurlarının dizilişi ve biçimleri bakımından dört sınıfa ayrılabilir: Tek taş biçiminde; dilimli; çift billurlu; yassı. Elmasların çok azı kusursuzdur. Çoğunda lekeler ve yabancı maddeler bulunur; ama bunlar genellikle çıplak gözle görülemez. Değerli taşın düzgün ve hatasız traşlanmasında, bu kusurların konumu ve boyutları büyük önem taşır.

Başlıca elmas traşlama merkezleri Anvers (Belçika), Bombay (Hindistan), New York (A.B.D.), Amsterdam (Hollanda) ve Tel Aviv'dir (İsrail); ama daha küçük çaplı traşlamaya birçok ülkede raslanır. Yukarda belirtilen ana merkezlerden her biri, belli bir elmas türünü traşlamada uzmanlaşmıştır. Belçika'da özellikle dilimli ve çift billurlu taşlar, A.B.D'nde tek taşlar, Amsterdam, İsrail ve Hindistan'da ise küçük parçalar (pırlanta traşı) traşlanır.

Doğal maddelerin en serti olmasına karşın, elmasa biçim verilebilmekte, üstünde façetalar açılabilmektedir. Bunun nedeni, elmasın yer yer zayıf yüzeylerinin bulunması ve uzmanların, bu yüzeyler boyunca taşı yarabilmesidir (dilimleme). Elmas billurunun sert ve yumuşak yüzeyleri, her yüzeyin de sert ve yumuşak doğrultusu vardır. Gerçekte, bu yumuşak doğrultu bile, başka cisimlere oranla çok sert sayılır. Bu yüzden, traşlanan elmasların döküntüleri, öbür elmasların cilalanmasında kullanılır. Cilalama işlemi sırasında, elmas taneciklerinin sert yüzeyleri, cilalanan elmasın yumuşak yüzeyini aşındırır.

Değerli taşlar, biçimleninceye kadar dört ayrı işlemden geçer: Yarma (dilimleme); yuvarlaklaştırma; traşlama; cilalama.

Yarma (dilimleme): Yarma işlemi, cilalamadan önce, düzensiz bir taşa düzenli bir biçim vermek ya da ender raslanan büyük taşları, işlenebilir parçalar halinde dilimlere ayırmak için uygulanır. Belli bir becerisi olan, deneyimli bir işçi, yarma düzlemi doğrultusunu belirledikten sonra, yumuşak kenarlardan birinin üstüne, başka bir elmasın sert kenarıyla, «*çen-*

Elmasın yarılması. (altta) Taşın üstünde başka bir elmasla çentik açılmıştır. Yarma düzlemine paralel yerleştirilen bıçağın sırtına vurularak, taş dilimlenir.

tik» adı verilen bir işaret koyar. Bu işlemin ardından, ince bir bıçak, yarma düzlemine paralel olacak biçimde çentiğe yerleştirilir ve ağaç bir tokmakla bıçak sırtına yavaşça vurulur. Bu işlem ustaca yapılırsa, elmas iki düzgün parçaya ayrılır.

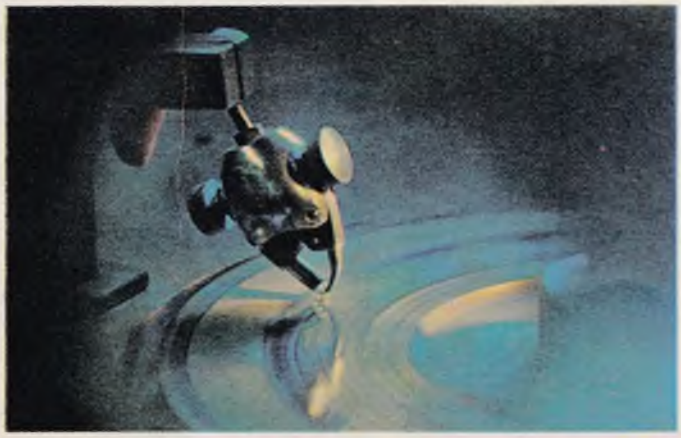
Traşlama: Elmasa ilk biçim, dakikada 5 000 çevrim yapan fosfor - bronz karışımı ince bir diskle verilir. Disk ağzına, elmas tozu ile zeytinyağı karışımı bir tür macun sürülür. Ayrıca bu yöntem, elması, yarma düzlemi boyunca dilimlemek için de çok elverişlidir.

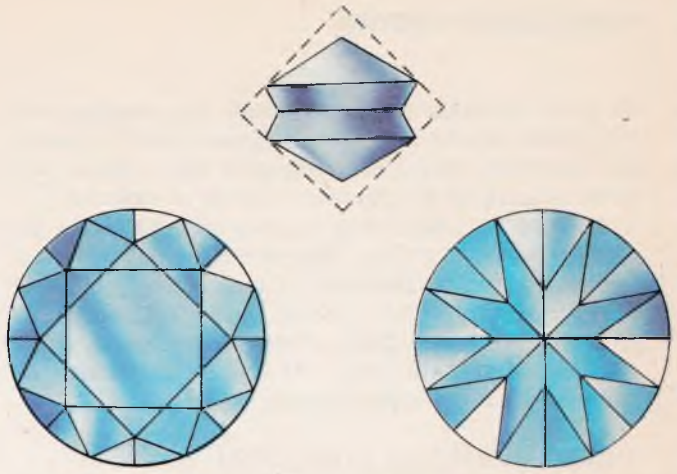
Yuvarlaklaştırma: Cilalama işleminden önce yapılır. Yuvarlaklaştırılacak elmas, bir tornanın aynasına bağlanarak döndürülür. Dönen elmasın pürüzleri, bir başka elmasın sert yüzeyiyle alınır.

Cilalama: «Cila diski» adı verilen dökme demirden yapılmış bir çarkın üstüne, elmas tozu dökülür. Cilanacak elmas, bir çubuk ucuna yapıştırılır ya da mekanik bir çeneyle tutulur. Çubuk, kundak yuvası-

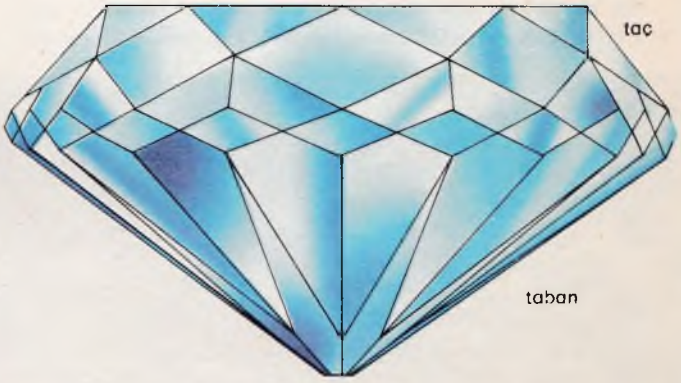
Elmas yuvarlaklaştırma. (üstte) Elmas, bir çubuk ucunda döndürülürken, üstüne uygulanan bir başka elmasla yuvarlaklaştırılır.

Elmasın cilalanması. (altta) Elmas, pikap koluna benzeyen bir düzeneğin ucuna yerleştirilerek cila diskine tutulur. Disk üstüne, elmas tozu dökülmüştür. Taşın gereğince cilalanması, cilacının becerisine bağlıdır.



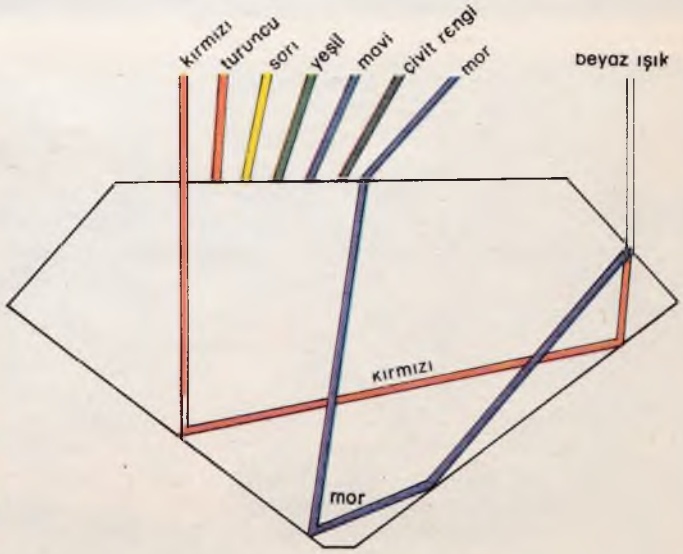


Bir taştan ya da bütün bir billurdan iki pırlanta traşı. (üstte) Dilimli çift billurlar ve yassı türler, bu kadar düzgün çıkmaz.



Bir pırlantanın görünüşü. (üstte) Taç bölümünde 33 façeta, tabanda ise, yassı ya da obruk olmasına göre, 24 ya da 25 façeta bulunur.

Pırlanta traşı, beyaz ışığın bütün renklerini yansıttığından, elmasa çok canlı pırıltılar verir. Çizimde, (altta) ışığın kırılması, renklere ayrılması ve yansıması görülmektedir.



na girer. Kundak, bir pikap kafası gibi hareket ederek, elması dönen diske tutar. Elmasın sert ve yumuşak yüzeyleri bulunması nedeniyle, diske tutma konumu önemlidir ve cilacının becerisini vurgular.

En çok kullanılan traşlama yöntemi, 58 façeta gerektiren pırlanta traşıdır. Bu yöntemle, büyük bir elmas parçasının traşlanması aylarca sürebilir.

Cilalama işleminin niteliği, geleneksel olarak cilacının becerisine bağlıdır. Ancak son yıllarda, elması yarım kırat duyarlıkla ve büyük bir etkinlikle cilalayan makinalar geliştirilmiştir.

ELMA ŞARABI ÜRETİMİ

Elma şarabı, elma şırasının mayalanmasıyla elde edilen alkollü bir içkidir. Aşağı yukarı 2 000 yıldan bu yana üretilmektedir. Tarihöncesi Avrupası'nda elma şarabı, yabani elmalardan yapılırdı. Elmanın yaygın olarak yetiştirilmesi, ancak İ.S. 400 yıllarından sonra gerçekleşti XIII. yüzyılda Kuzey İspanya, Kuzeybatı Fransa ve İngiltere'de elma şarabı üretim merkezleri kuruldu. Manastır yazmalarından anlaşıldığına göre, Ortaçağ başlarında keşişlerce çok sevilen bir içkiydi. Armutlardan yapılan ve elma şarabına benzer bir içki olan armut şarabı da, XIX. yüzyıla kadar çok beğenilirdi. XIX. yüzyılda üretimi düşen armut şarabı, İkinci Dünya savaşından sonra, yeniden aranan bir içki oldu.

Bir traktöre monte edilmiş mekanik bir ağaç silkeleme aygıtı. Bu aygıta güç, bir hidrolik pompayla, traktörün çıkış biriminden verilir. Sallayıcı, ağacı lastik rulolarla kavrar. (Resim 1)
Bu hasat makinası, 5 dakikada bir ton şarap elması toplayabilir. Büyük bir elektrik süpürgesi gibi çalışır ve elmaları yaprak, dal gibi fazlalıklardan ayıklar. (Resim 2)

1

2

3

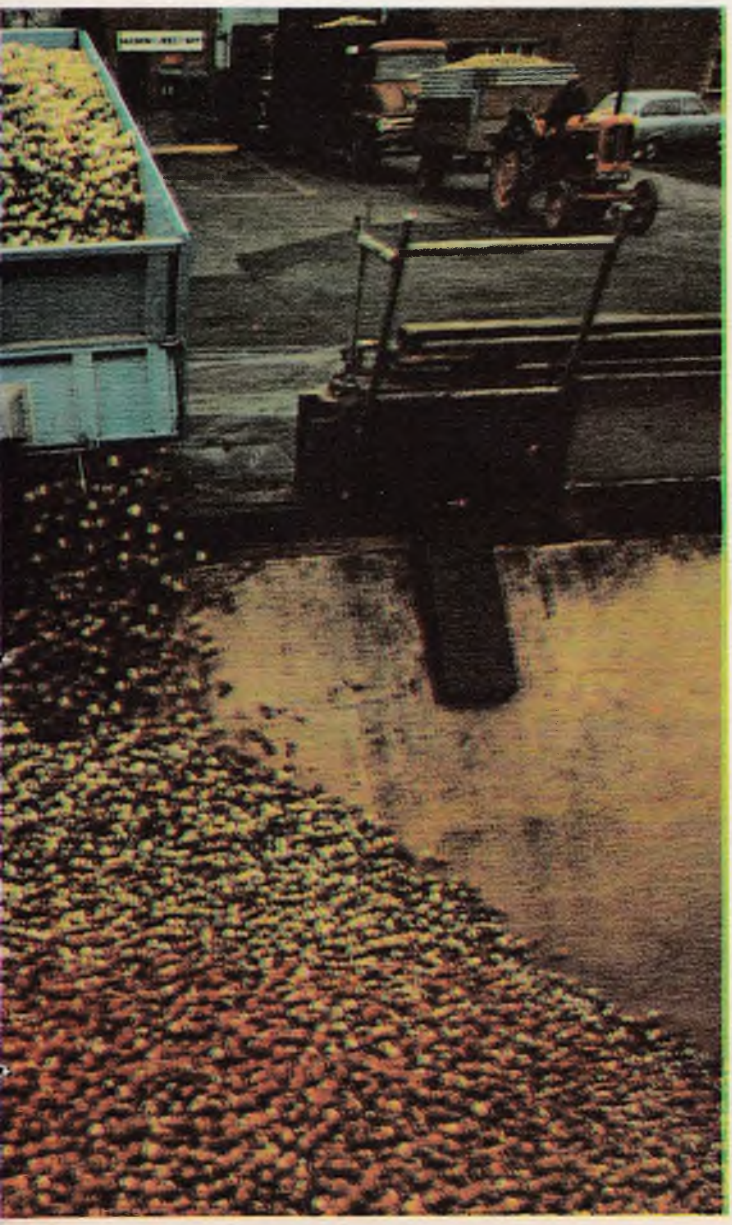
XX. yüzyıla kadar elma şarabı, daha çok çiftliklerde yapılırken günümüzde, büyük bir endüstri dalı haline gelmiştir.

Şaraplık elma: Elma şarabına uygun 350 değişik tür elma vardır. Bunların her birinden, farklı tatta şıra elde edilir. Elma şarabının sonuçta aldığı tat, büyük ölçüde, kullanılan elmanın cinsine bağlıdır; istenen tat ve sertliği elde etmek için, farklı türde elmalardan alınan şıralar karıştırılabilir. Elma şarabı yapımında çoğu zaman, elma şırasına başka meyve suları (sözgelimi armut suyu) da karıştırılır.

Günümüzde en büyük elma şarabı üreticisi Fransa'dır. Fransa'yı İngiltere, İspanya, Almanya, Portekiz, Avustralya, Yeni Zelanda, Güney Afrika ile Kuzey ve Güney Amerika'nın çeşitli ülkeleri izler. Türkiye'de elma şarabı yapılmamaktadır. Öteki Akdeniz ülkelerinin de çoğunda (Fransa ve İspanya dışında) üzüm, elmadan daha bol ve ucuz olduğundan elma şarabı üretimi pek önemli değildir.

Elma hasadı, dolayısıyle de elma şarabı yapımı sonbaharda başlar. Avrupa ve Kuzey Amerika'da eylülde başlayıp ekim ve kasım aylarında en üst düzeye ulaşır. Elmalar ağaçlardan silkelenerek toplanır

Şarap yapımı için, milyonlarca elma bu büyük silolarda saklanır. Şarap elmasını depolamak için, farklı boyda elmalara göre yapılmış yaklaşık 6 silo kullanılır. (altta)



Bu döner elma şarabı presi, saatte beş-altı ton arasında elma işleyebilir. Pres, elmaları parçalamak için yatay bir eksen çevresinde dönen bir silindir sisteminden oluşur. (üstte)

Düşey çalışan bir hidrolik pres. Bu birim, yan yana monte edilmiş iki presten oluşur. Biri yüklenirken öteki çalışır. (altta)

ve hemen fabrikaya gönderilir. Fabrikada büyüklüklerine göre ayrılan elmalar, «silo» adı verilen büyük beton depolara doldurulur.

Elma özü eldesi: Elmalar yıkanarak öğütücüye atılır. Genellikle çelik ya da paslanmaz çelikten yapılan öğütücüde, bir dizi döner bıçakla kesilerek ya da bir dizi hareketsiz bıçağa doğru çarpılarak, rende haline getirilir. Bu öz, tabakalar halinde yayıldıktan sonra, ezme sırasında dağılmalarını önleyecek seyrek örgülü naylon bir beze sarılır.

Presten geçirme: Beze sarılı meyve özü tabakaları, sonradan, aralarına çıta konarak kat kat yerleştirilir ve yaklaşık 12 katlı gruplar halinde prese verilir. Pres, hidrolik pistonla ya da sarmal bir vidayla alttan sıkıştırılır.

Aşağı yukarı 300 tonluk bir kuvvet uygulayan preste, meyve suyunun büyük bir bölümü alınır. Birinci sıkma işleminden sonra, ince tabakalar haline gelmiş posa, bezlerden silkelenir, parçalara ayrılır ve geriye kalan suyu çıkarmak için, yeniden beze sarılarak prese verilir.

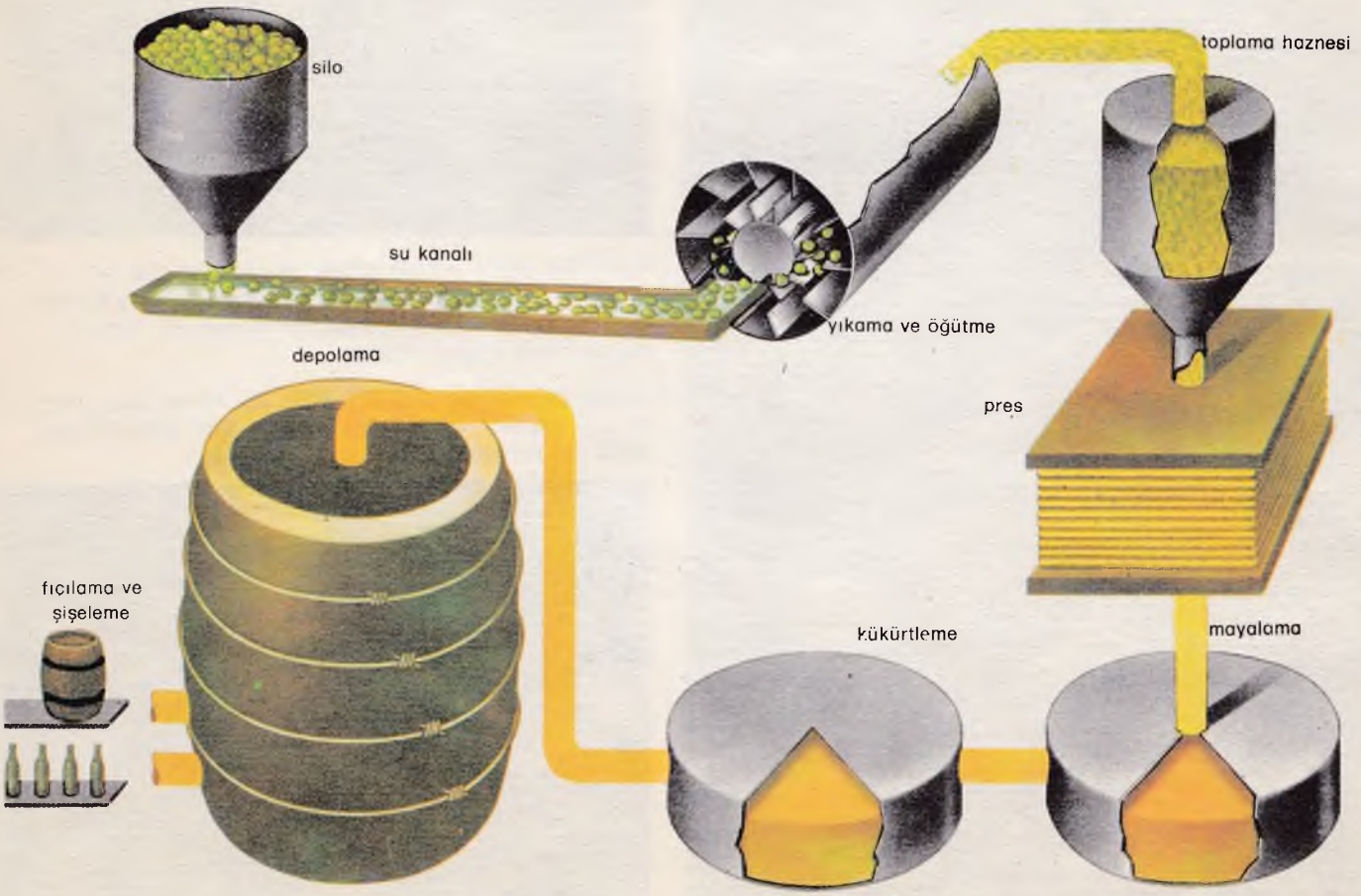
Mayalama: Elma şırası büyük fıçılara alınarak mayalanmaya bırakılır. İşleme yardımcı olması için, şıraya maya da eklenebilir. Mayalanma süresi, içerdikleri şeker, asit ve azot miktarları bakımından oldukça farklı olan elma cinslerine göre değişir; ama genellikle beş-altı hafta kadardır. Elma şarabının tatlılık derecesi, içindeki şeker miktarına bağlıdır. Bu yüzden mayalanma, şekerin tümü alkole dönüşmeden durdurulmalıdır. Sek şarap elde etmek için, mayalanma, şeker miktarı iyice düşünceye kadar sürdürülür.

Depolama: Mayalanmış elma suyu, büyük fıçılardan pompalanır ve kağıt hamuru gibi lifli tabakalardan geçirilerek süzülür. Şarabın içilmeden önce, en az altı ay bekletilmesi gerekir. İyi cins şarap elde etmek için, bekletme süresi iki yılı aşmalıdır. Bu, büyük depolar yapılmasını zorunlu kılar.

Elma şarabı hazır olunca soğutulur (1,7°C) ve süzülür; sonra şişelenir ya da teneke kutulara ve fıçılara doldurulur.

Pektin: Elmanın suyu alındıktan sora posa kurutulur ve pektin elde etmek için saklanır. Pektin, reçel, meyve peltesi, pasta ve şekerlemelerin pelteleştirilmesine yarayan bir maddedir. Pektin özütlemek

Tipik bir elma şarabı üretim yönteminde, elmalar bir su kanalından öğütücüye yollanır. Elmalar orada öğütülür. Meyve suyu, ızgaralı tahtalar arasında sıkıştırılarak çıkarılır ve mayalanma depolarına gönderilir. Mayalanmayı başlatmak için, maya eklenir. Kükürtleme, istenmeyen doğal mayaları yok eder. Elma şarabı, büyük depolarda dinlendirilir.



için, elma posası sıcak, seyreltik asite atılır. Çözelti süzülür ve vakumla buharlaştırma biriminde yoğunlaştırılır. Sonra bu madde arındırılıp, yeniden yoğunlaştırılır. Geri kalan artıklar kurutulur ve sığır yemi olarak satılır.

Makinalaşmış hasat: Elma şarabı üretimi artınca, el emeğine bağımlılığı azaltmak ve toprağı en iyi biçimde değerlendirmek için, yeni bahçecilik yöntemleri geliştirilmiştir. Günümüzde bir meyve bahçesindeki ağaç yoğunluğu, dönüm başına 10-100 arasındadır; ama dönüm başına 10 000 ağaç dikilen deneysel meyve bahçeleri de vardır. Bu durumda ağaçlar, tepesinde meyve büyüyen sopalara benzer, ama dönüm başına toplam verim büyüktür ve makinayla hasat yapılabilir. Makinalar otomatikleşmiştir ve toprak altındaki kablolar aracılığıyla ağaçlar arasında yönlendirilir. Bu makinalarla ağaçlar silkelenir; yere düşen elmalar emme aygıtlarıyla toplanır.

EL TERAZİSİ Bk. TARTILAR

EMAYLAMA

Emaylamada (mineleme), ince bir cam tabakası, bir metalin yüzeyine eritilerek yapıştırılır. Temelde cam olan emay, aşınmaya, çizilmeye ve lekelenmeye karşı dayanıklı, sert ve parlak bir yüzey oluşturur. Bu niteliklerinden dolayı çeşitli ev eşyalarının yapımında yaygın biçimde kullanılır: Fırınlar; çamaşır makinaları; buzdolapları; banyolar ve mutfak kapları; tabaklar; bardaklar; vb.

Kuyumculuk ve resim için kullanılan emaylama tekniğinin kökeni, eski çağlara dayanmaktadır. Eski Mısırlılar, Keltler ve Romalılar tarafından bilinen bu tekniği, Bizanslılar geliştirmişlerdir. Son yıllarda emaylama sanatında yeni bir canlanma görülmektedir.

Endüstri alanında emaylama, ilk kez Avusturya ve Almanya'da, çelik tabakaların emaylanmasıyla uygulanmaya başladı. XIX. yüzyılın ikinci yarısında seri halde üretilmiş emaye eşyalar piyasaya sürüldü ve o günden bu yana, nitelikleri sürekli geliştirildi.

Cam tozunun hazırlanması: Büyük çaplı endüstri uygulamalarında, sürekli eriticiler kullanılır. İyice karıştırılmış hammadde, bir uçtan eriticiye verilir; öbür uçtan erimiş cam akar. Erimiş cam, soğuk su içine ya da soğutulmuş bir metal yüzeyine dökülerek soğutulur. «*Frit*» adı verilen bu cam, bir küreli değirmende öğütülür. Çelik tabaka emayı için frit, kil, bazı elektrolitler (Bk. ELEKTROLİZ) ve suyla karıştırılarak kararlı bir asıltı ya da ince çamur elde edilir. Parçacık büyüklüğü değişiktir. Astar ya da temel tabaka emayı için, parçacıkların çapı aşağı yukarı 0,07 mm, üst tabakalar için daha incedir (genellikle 0,04 mm).

Camın kimyasal bileşimi, kullanılacağı yere göre değişir. Ancak, ısıtma sırasında genişleme ve soğutmadaki büzülme hızlarının, emaylanacak metalinkilerle uyuşması gerekir. Çelik tabaka emaylamasında ilk uygulanan astar tabaka, % 39-42 boraks, % 19-21 feldispat, % 28-30 silisyum dioksit, % 7-9 sodyum karbonat ve kobalt gibi çeşitli kimyasal maddeler içerir. Bazen bu karışıma, emayın metale iyice yapışmasını sağlamak için molibden oksitleri de katılır. İkinci tabaka, kaplama tabakasıdır (birden çok kat halinde uygulanabilir). Kaplama tabakası, % 23-26 boraks, % 13-15 feldispat, % 33-36 silisyum dioksit, % 9-13 sodyum karbonat, % 5-7 oranında titanyum oksit ve başka kimyasal maddelerden oluşur. Elde edilen maddenin saydam olmaması için, karışıma titanyum oksit eklenir. Aynı amaçla zirkonyum, antimon oksit ve molibden oksit de kullanılabilir. Titanyum oksidin örtme gücü oldukça yüksektir. Sözgelimi, bir milimetrenin yüzde sekizi kalınlığında ince bir kaplama, koyu renkli bir astar tabakayı bütünüyle örter.

Emaylama işlemi: Emaylama işlemi, fritin uygulanacağı metal yüzeyinin temizlenmesiyle başlar.

Frit, hammaddelerin karıştırılıp 1 300°C'taki fırına verilmesiyle hazırlanır. Erimiş cam, soğuk su içine dökülür.

Emay tabakalarının uygulanacağı yüzeylerin temiz olması çok önemlidir. Emayla kaplama işlemi için, endüstride genellikle çelik (bir tabaka beyaz emaylama için, düşük karbonlu emaylama çeliği gibi çeşitli çelikler), emaylama demiri ve dökme demir kullanılır. Metal tabaka parçaları, deterjan, asit, baz ve su içeren bir dizi banyoda iyice temizlenir ve suyla çalkalanır. Emayın bağlanmasını kolaylaştırmak için bazen metal, önce ince bir nikel tabakasıyla kaplanır.

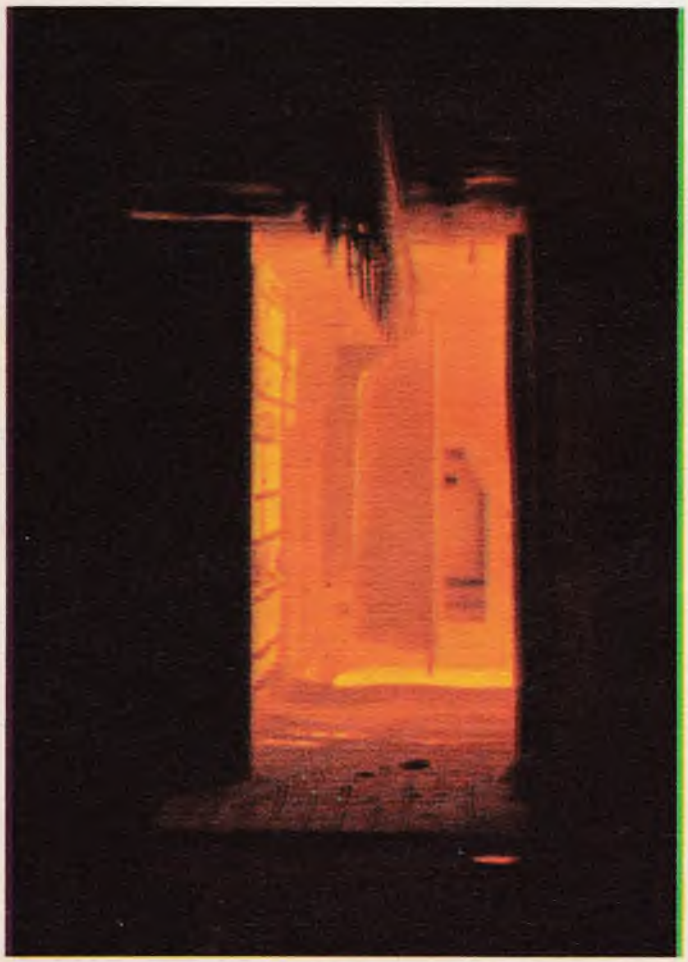
Emaylama genellikle yaş yöntemle yapılır: Kalınca bir frit çamuru önce püskürtme ya da daldırma yöntemiyle uygulanır, daha sonra da suyu süzülür. Kuru yöntem, dökme demirin emaylanmasında kullanılır. İlk tabaka, yaş yöntemle yapılır; ama üst tabakalar, ısıtılmış eşya üstüne cam tozunun yayılmasıyla elde edilir. Düzgün bir tabaka elde etmek için, art arda birkaç yayma ve ısıtma işlemi gereklidir.

Kurutmadan sonra emay, ya odalı ve süreksiz çalışan fırınlarda ya da sürekli çalışan tünel tipi fırınlarda fırınlanır. Sürekli fırında parçalar, fırın içinde, bir taşıyıcı bant üstünde yavaşça ilerler. Parçaların bant üstünde dolaşması, yaklaşık 20 dakika sürer. Ancak, fırının sıcak bölümünde yalnızca 4 dakika kalırlar. Astar tabakalar, normal olarak 800-850° C'ta fırınlanır. Üst tabakalar ise, biraz daha düşük sıcaklıklarda, daha kısa süre fırınlanır.

Cam, ısıtılınca erir ve yüzey gerilimiyle metale yapışır. Camın metale böylesine iyi bağlanmasını neyin sağladığı, kesin olarak bilinmemekte, yalnız, «pürüzlü» (metal ne kadar düzgün görünürse görünsün, yüzeyi çok sayıda küçük girinti çıkıntılarla kaplıdır) metal yüzeyine tutunmanın ve metal ile cam arasında oluşan kimyasal bağlanmanın etkili olduğu sanılmaktadır.

Kuyumculuk: Kuyumculukta uygulanan emaylama (mineleme) yöntemleri, birçok bakımdan endüstri yöntemlerine benzer; ama genellikle tek tek yapılır. Cam formülleri değişir: Bu alanda kullanılan emay-

Banyolar, bir tabaka emay çamuruyla kaplandıktan sonra, bir taşıyıcıya asılarak, yaklaşık 850°C sıcaklıktaki bir fırından geçirilir. Emayın metale bağlanması için 5 dakika fırınlanması gerekir.(altta)

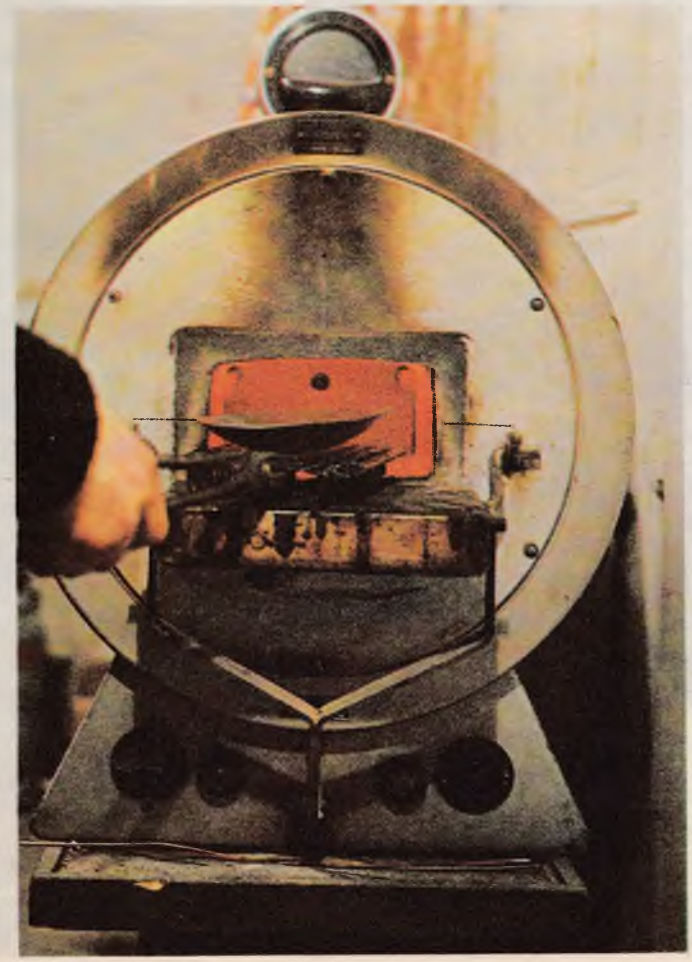


Sağlam bir beyaz üst tabakayla emaylanmış banyoların fırından çıkışı. Beyaz emayların çoğu, titanyum oksit içerir. Denetimden geçirilen banyolar, depolanır. (altta)

lar, genellikle % 33 silisyum dioksit, % 33 kırmızı kurşun, % 9 boraks, % 12 sodyum karbonat, % 7 potasyum nitrat ve başka kimyasal maddelerden oluşur. Frite renk vermek için, yaklaşık % 15 oranında metal oksitleri katılır. Emayın başlıca 3 türü vardır: Saydam; yarı saydam; opak.

En çok kullanılan metaller, bakır ya da bakır alaşımlarıdır; ama gümüş, altın, platin ve paslanmaz çelik de emaylanabilir. Frit tozu, düzgün bir biçimde metal yüzeyine yayılır. Metal yüzeyine daha önceden sürülen yapıştırıcı (genellikle kitre zamkı) tabakası, frit tozunun yapışmasını sağlar. İkinci bir seçenek, fritin ince bir çamur haline getirilmesidir. Emay sanatında çeşitli biçimler vardır: Bölmeli emaylar; oymalı emaylar; yarısaydam emaylar. Bölmeli emay yapımında, metal yüzeyi, lehimle ya da renksiz bir eriticiyle (cam) tutturulan ince metal şeritlerle bölmelere ayrılır. Bu bölmeler daha sonra, karışma korkusu olmaksızın, değişik renkli emaylarla doldurulur.

Camcılık ve çömlekçilik uygulamalarının tersine, emay, yalnızca birkaç dakika fırınlanır. Resimde (altta), bir tabağın elektrikli mufla fırınına yerleştirilmesi görülmektedir.



IX. yüzyıl Bizans bölmeli emaylarının ilk örneklerinden biri. (üstte) Çeşitli renkte emayla doldurulmuş bölmeler, ince altın şeritlerden yapılmıştır. En iyi Bizans bölmeli emay örnekleri, XI. yüzyıldan kalmadır.

Bölmeli emay yapma sanatı, Bizanslılar zamanında geliştirilmiştir. O dönemde bölmeler, altın yüzey üstüne yapıştırılan ince, altın şeritlerle yapılırdı. Oymalı emay sanatı ise, Romalılar tarafından bilinmekteydi; ama XII. yüzyıla kadar yaygınlaşmadı (bu yöntemde emay, metale açılan oyuklara yerleştirilir). Yarısaydam emay sanatında, metal yüzeyi, önce alçak kabartmalarla desenlendirilir, ardından saydam emayla kaplanır. Böylece, alttaki desen, emaydan görülür.

EMPEDANS Bk. ELEKTRİK DEVRESİ

ENDER TOPRAK ELEMENTLERİ Bk. GEÇİŞ ELEMENTLERİ

ENERJİ

Enerji, en geniş bilimsel anlamıyla, *iş* demektir. Sözgelimi, hareketli bir mermi, hızı ile orantılı bir enerji (kinetik enerji) taşımaktadır; hedefe vurduğu anda bu enerji, açığa çıkar ya da dönüşür. Mermi enerjisinin bir bölümü iş (hedefin parçalanması ya da biçiminin değiştirilmesi), bir bölümü de ses ve ısı olarak açığa çıkar. Hareketsiz mermi enerji taşımaz.

Çekim kuvveti etkisinde bulunan bir kütle, *po-*

tansiyel enerji (yükselti enerjisi) içerir. Bu enerji, kütlenin bulunduğu yere göre değişir. Kütle, düşmeye bırakılmışsa, potansiyel enerjisinden ötürü bir iş görür; sözgelimi şahmerdanda olduğu gibi, bir yapının temel direklerinin toprağa çakılmasını sağlar.

Kinetik ve potansiyel enerjiler, kütlelerin hareket ve durumuna bağlı depolanmış enerji biçimleridir (Bk. DİNAMİK) ve mekanik fiziğin temelini oluştururlar. Bununla birlikte, enerjinin daha birçok biçimi vardır.

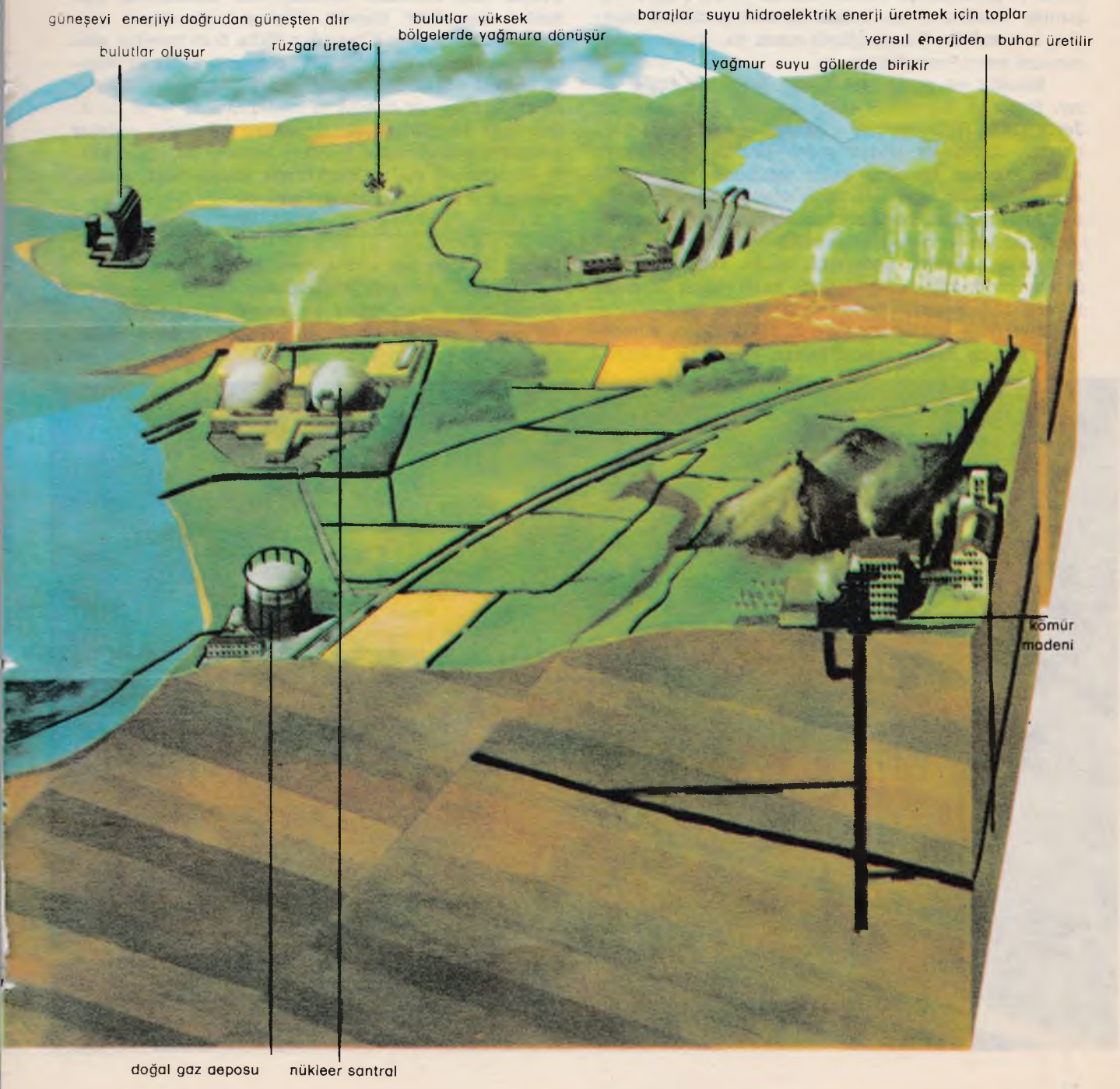
Dönüştürülmemiş kimyasal enerji içeren bir varil akaryakıt, kendi başına bırakıldığında enerjisizdir; ama bir DİZEL MOTORU'nda yanmaya başladığında, bir treni yürütebilir. Sıvı yakıt, bir uzay aracının fırlatılması için gerekli enerjiyi sağlayabilir.

Başlıca doğal enerji türleri. Güneşin ısıtmasıyla deniz yüzeyinden buharlaşan su, bulutları oluşturur. Bulutlar, tepelerdc yağmura dönüşür. Su, hidroelektrik enerji üretmede kullanılabilir. Başka bir enerji türü de fosil yakıtlardır. Bu yakıtlar, bitkilerin çürümesi ve sıkışmasıyla milyonlarca yılda oluşur. Nükleer güç de, doğal radyoaktif maddelerden elde edilir.

Doğal mıknatısta, depolanmış magnetik enerji vardır; çevresindeki küçük demir parçalarını çekerek, bir iş görebilir. Enerji, ışınım yoluyla bir yerden başka bir yere aktarılabilir. Bu, ısıl ışınımla olabileceği gibi, ışık ya da ELEKTROMAGNETİK IŞINIM'ın herhangi bir biçimiyle olabilir. Dünya, güneş enerjisini bu yolla almaktadır.

Enerji, bir biçimden bir başkasına dönüştürülebilir. Sözgelimi, bir sarkacın salınımı sırasında, potansiyel ve kinetik enerjiler, sürekli birbirine dönüşür. Bazı durumlarda ise, enerjiyi dönüştürmek için, özel olarak yapılmış dönüşüm aygıtlarına gereksinim vardır. Sözgelimi, bir elektrik santralında petrol ya da kömürün yanması sonucu açığa çıkan enerji, suyu buharlaştırır. Bu da, türbinlerde dönme enerjisine, dolayısıyle de elektrik enerjisine çevrilir (bir ALTERNATÖR ya da DİNAMO yardımıyla).

Bu tür dönüşümlerde hiç bir zaman yüzde yüz verim sağlanmaz. Elektrik santrallarında, yakıtın vereceği enerjinin ancak % 40'ı elektrik enerjisine çevrilebilir. Verilen enerjinin alınan enerjiye eşit olması gerektiğinden, dönüşüm sistemindeki kayıp enerji, ısı enerjisi olarak ortaya çıkıp dengeyi sağlar. Bu, fizikteki enerjinin korunumu yasasıdır (Bk. KORUNUM



YASALARI).

Enerjinin yapısı: Temel kavramlarla enerji tanımı yapmak olanaksızdır; çünkü enerji de, tıpkı «zaman» gibi temel bir kavramdır. Ancak, niceliği temel birimlerle (sözgelimi kütleye, hıza, sıcaklığa vb. büyüklüklere bağlı olarak) saptanır (Bk. BOYUTLAR VE BOYUT ANALİZİ). Yüz yıllık bir geçmişi olan enerji kavramı, fiziğin temel taşlarından biridir.

İsaac Newton, hareket yasalarını ortaya koyduğu zaman, enerjiden hiç söz etmemişti. Enerji terimi (yunanca «iş» anlamına gelir), Newton'dan sekiz yıl sonra, Thomas Young (1773-1829) tarafından ortaya atıldı ve günümüzde bilinen kinetik enerji yerine kullanıldı: Kütlesi m, hızı v olan bir cismin kinetik enerjisi, $1/2\ mv^2$'dir. Yarım yüzyıl sonra da, Rankine, potansiyel enerji terimini tanıttı.

Kinetik ve potansiyel enerji, mekanik fiziğe girer. Bunların ısıl enerji (ISI) ile olan ilişkilerini ise, Joule (1818-1889), iki ilginç deney sonucu ortaya koymuştur. Joule, bir telden geçen akımın oluşturduğu ısının, akımın karesine bağlı olduğunu gösterdi ve ayrıca mekanik iş sonucu ısı üretilebileceğini kanıtladı. 1847'de, düşen bir kütlenin bir pervaneyi döndürmesi sonucu su içindeki sıcaklık yükselmesini ölçerek, ısının mekanik eşdeğerini buldu. Joule'dan sonra, enerji dönüşüm ilkeleri, buna bağlı olarak da enerji korunumu kavramı, hızla gelişti.

Enerji ve kütle: Einstein'ın (1879-1955), görecelik kuramını açıklamasına kadar, enerjinin korunumu kavramı tartışmasız kabul edildi. Bu kavramla birlikte, maddenin korunumu ilkesi de gelişti: Madde, başka bir yapıya dönüştürülebilir, ama yok edilemez.

Einstein'ın kuramı, bu iki temel kavramda değişiklik yapılmasına yolaçtı. Einstein, ne tür olursa olsun, bütün fiziksel oluşumların tam olarak belirtilebilmesi için, mutlaka bulundukları yerin ve zamanın bilinmesi gerektiğini gösterdi. Fiziksel olaylar artık yalnızca üç boyutlu uzamda değil, dördüncü boyutta, yani «zaman»da da gösterilmeliydi. Dolayısıyle, hareket halindeki bir kütle, böyle bir sistem içinde yeralır ve hareketsiz bir gözlemciye göre bu kütlenin görece hızı, kütlenin özelliklerinin saptanması açısından önemlidir. Burada sınırlayıcı bir etmen vardır: Hiç bir kütle, ışık hızından daha hızlı hareket edemez. Bu hıza yaklaşıldığında, gözlenen kütle ve enerji, sonsuz büyüklüğe ulaşır. Buna dayanarak Einstein, hareketsiz bir cismin m kütlesinin, $m \times c^2$ (c = ışık hızı) formülüyle verilen enerji niceliğine eşdeğer olduğunu göstermiştir. Hareket halinde ise, etkin kütle (dolayısıyle etkin enerji), ışık hızına bağlı olarak, cismin hızı arttıkça fazlalaşmaktadır.

Güneş üstünde bir alev sütunu. Öteki yıldızlarda olduğu gibi, güneş de, kütlesinden küçük bir miktar dönüştürerek, çok büyük bir enerji üretmektedir. Bu enerji, yıldızın yapısında belli değişimlere neden olur.

Böylece ortaya konan kütle enerji denklemi, çeşitli biçimlerde doğrulanmaktadır: RADYOAKTİFLİK olayı; ATOM BOMBASI'nın patlatılması; fizyon enerjisinin üretilmesi. Söz konusu tepkimelerde, toplam kütlenin azalmasına karşılık, korkunç bir enerji açığa çıkmaktadır. Yıldızlardan yayılan çok büyük enerjinin nedeni, kütlelerinden çok küçük bir niceliğin ışınıma dönüşmesidir.

Yeryüzündeki enerji: Enerji, yok edilememe özelliğine karşılık, genellikle kullanılmaz halde bulunur. Kullanılabilmesi, yani iş görebilmesi için, bir yerden ötekine iletilebilmesi, akabilmesi gerekir. Bu iletim işlemi durduğunda, enerji kullanılmaz olur.

Bütün sıcak kütlelerin soğuması ve bütün soğuk kütlelerin ısınması sonucunda, giderek ortak bir sıcaklığa ulaşılır. Bir ısı makinası, ancak sıcaklık farkları olduğu zaman çalışır; çünkü, ancak o zaman ısı enerjisi akabilmektedir. Zamanla evrendeki bütün enerjinin düşük dereceli ısıya dönüşeceğinden ve insanların bundan yararlanma olanağını yitireceğinden korkulmaktadır.

Dünya ilk oluştuğu zaman, atomlarının potansiyel enerjisi, dönmesinin yarattığı kinetik enerji ve içindeki ısı enerjisi dolayısıyle, çok büyük bir enerji deposu durumundaydı. Ayrıca, oluşumundan günümüze kadar güneşten sürekli enerji almaktadır ve bunun bir bölümü, geçmişte kömür, petrol, doğal gaz yataklarında, daha yakın zamanda ise orman ve bitki örtülerinde depolanmıştır. Tarihöncesi'nden kalma büyük kaynaklar, düşük dereceli ısıya dönüştürülüp tükenene kadar kullanılabilir. Yeni kaynaklar ise güneşe bağlıdır ve tümünün kullanılması bile, günümüzün gereksinimlerinin karşılanmasına yetmez.

Enerji birimleri: Tarihsel gelişimle birlikte çeşitli fizik dallarının ortaya çıkışı, çeşitli bilimsel ve yasal enerji birimlerinin kullanılmasına yolaçmıştır: Sözgelimi, ısı birimi için kalori, elektrik enerjisi için watt-saat, mekanik enerji için kilogram-metre, mıknatıs endüstrisinde ise gauss-oersted birimleri kullanılmaktadır. Çağdaş enerji birimi anlayışı ve bir takım sayısal dönüşüm faktörlerinden kurtulma isteği, yalın bir temel birimin kabul edilmesine yolaçmıştır: Jul (XIX. yüzyıl ortalarında enerji eşdeğerliğini gösteren Joule'un adından).

ENERJİ DEPOLAMA

Doğal KORUNUM YASALARI, enerjinin yaratılamayacağını ve yok edilemeyeceğini belirtir.Ancak, uygun bir yöntem kullanılarak, bir türden ötekine dönüştürülmesi olanaklıdır. Güneş enerjisi ve nükleer enerji dışında, genellikle enerjinin doğal yoldan depolanmış türleri kullanılır (Bk. ENERJİ KAYNAKLARI). En sık uygulanan enerji depolama biçimi, araç depolarına yakıt doldurulması örneğinde olduğu gibi, bu doğal kaynağın saklanmasıdır. Bazen de enerji, doğal kaynağından elde edildikten sonra, ilerde kullanılmak için yeniden depolanabilir. Bu yöntem, yeni bir dönüşüm işlemini ve enerjinin bir bölümünün bu işleme harcanmasını gerektirir.

Enerjinin depolanması şu nedenlerden gereklidir: Gereksiniminde oluşacak dalgalanmaları karşılamak; daha sonra yararlı olabilecek enerjinin boşa harcanmasını önlemek; uzunca bir süre enerji biriktirerek bunu bir anda tüketmek; sürekli iletim sistemlerinin kullanışlı ve elverişli olmadığı durumlarda enerji kaynaklarını taşımak.

Pompalı depolama sistemleri: Elektrik konusunda enerji depolamak için geliştirilen en yaygın yöntem, «*pompalı depolama*»dır. Bu sistemde, hem motor, hem de jeneratör olarak kullanılabilen büyük bir elektrik motoru, bir su türbiniyle su pompasına bağlanır. Bu makinalar, büyük bir su deposunun yakınına yerleştirilir ve borularla, çok daha yüksekte bulunan ikinci bir depoya bağlanır. İki su deposu arasındaki yükseklik farkı, 30 metre ile 700 metre kadar, hattâ daha çok olabilir. Bu tür sistemler genellikle, söz konusu yükseklik farklarının kolayca sağlandığı dağlık alanlarda yeralır. Başka bir santralda üretilen elektriğin tümünün kullanılmadığı ve bunu üreten sistemleri durdurmanın uygun olmadığı zamanlarda, pompalı depolama santralına akım verilir. Bu akımla, aşağıdaki depoda birikmiş olan su, yüksekteki depoya pompalanır. Elektrik gereksiniminin en üst düzeye çıktığı (elektrik yükünün en fazla olduğu) saatlerde ise, pompa devreden çıkarılır ve yüksekteki suyun tepeden aşağı akarak türbini çevirmesi ve motoru jeneratör olarak çalıştırması sağlanır. Suyun akışı kolayca ayarlanabildiğinden, jeneratörün yeni gereksinimlere uyarlanması olanağı doğar.

Bu türden sistemler, günde dört-beş saat çalışacak ve gereken suyu, elektrik tüketiminin en düşük olduğu sırada (genellikle altı saat içinde) üstteki depoya pompalayacak biçimde ayarlanır. Motorlarda ve borularda kaçınılmaz sürtünme yitimleri oluştuğundan, elde edilen enerji, pompalama işlemi sırasında tüketilen enerjinin % 70'i kadardır.

Sıkıştırılmış hava ve gaz sistemleri: Gerektiği zaman enerjisinden yararlanmak için, büyük tanklara, kompresörlerle basınçlı hava doldurulabilir. Bu tür sistemler, özellikle fabrikalarda PNÖMATİK ALETLER'i ve başka sistemleri çalıştırmada çok sık kullanılır. Fabrikalarda, tümü elektrikle çalışan araç ve gereçlerin kullanılması, enerji tüketimi yönünden çok pahalı ve verimsiz bir yöntemdir. Sıkıştırılmış hava, yüksek verimli kompresörlerin kullanılmasını sağlamanın yanı sıra, tezgâhların tükettiği enerji miktarındaki dalgalanmanın şebekeden alınan güce yansımasını önler. Bu tür sistemlerin verimleri % 50 dolayındadır; ama sağladıkları öteki yararlar, yitimlerden önemlidir.

Pnömatik ve hidrolik denetimle güç sistemlerinde enerjiyi depolamanın bir yolu da, gazların sıkıştırılmasıdır. Bu sistemlerdeki pnömatik ya da hidrolik güçten, makinaları çalıştırmada ve trenlerde, otobüslerde kapıları açıp kapamak gibi işlerde yararlanılır. Pnömatik sistemlerde de daha önce sözü edilen basınç deposu bulunur. Yağla çalışan hidrolik sistemlerde ise, bir alıcı bölüm yeralır. Alıcı bölüm için-

de, yağı, sıkıştırılmış hava ve gazdan ayıran bir diyafram bulunur. Alıcıya yağ dolduğu zaman, diyafram sıkışarak, arkasındaki havayı da sıkıştırır. Yağ dışarı akınca, sıkışan havanın enerjisini de alır.

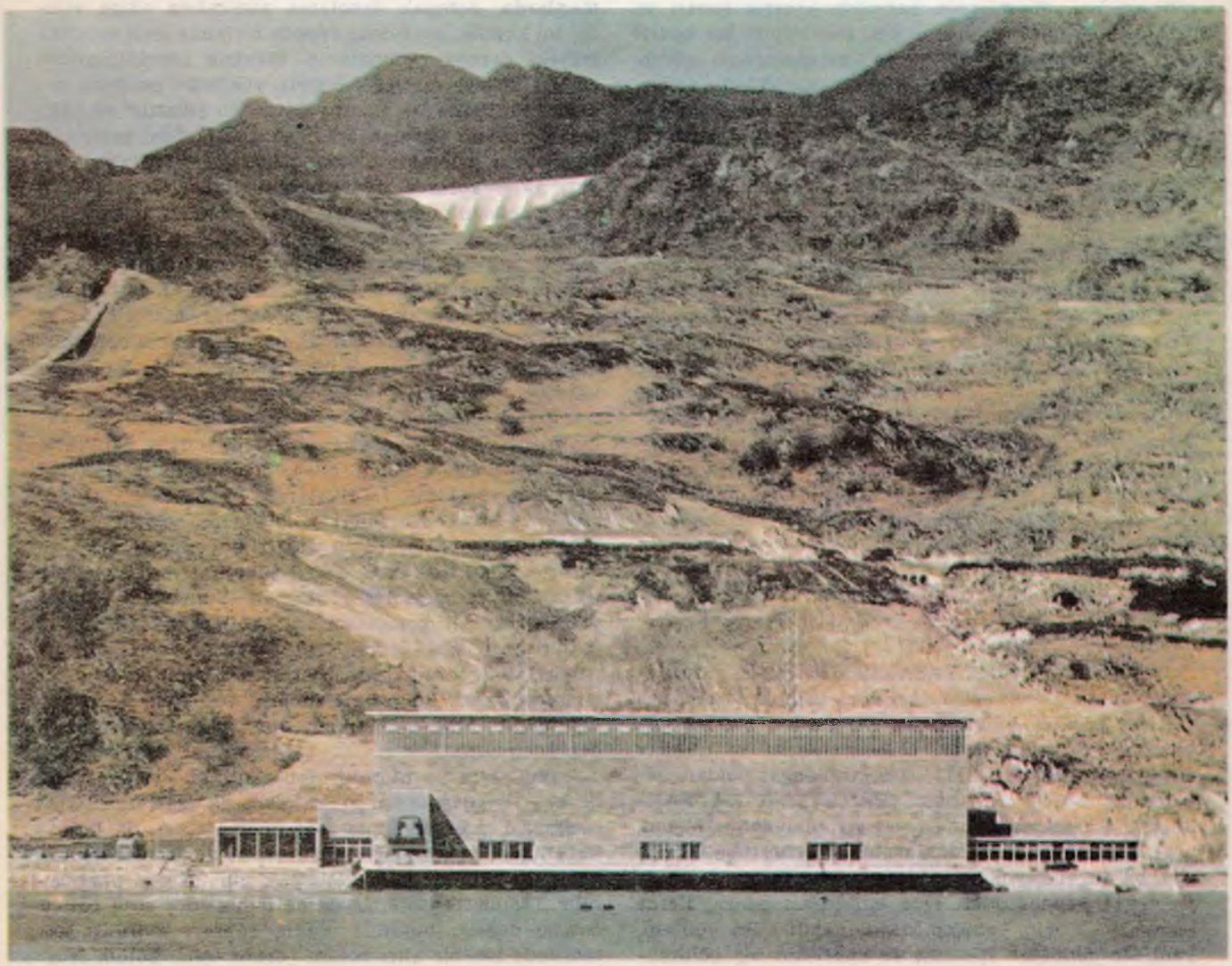
Pompalı depolama yerine, sıkıştırılmış havalı sistemlerin kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu sistemlerde ya özel olarak yapılmış alıcı bölümler (genellikle NÜKLEER REAKTÖR basınç kazanlarında olduğu gibi, öngerilmeli betondan yapılmış bölümler) kullanılması ya da havanın, yer altındaki doğal boşluklara doldurularak saklanması düşünülmektedir. Ancak bu tasarılar, şimdilik hazırlık aşamasından ileri geçmemiştir.

Elektrik depolama: Elektrik depolamanın en yaygın örneği, kurşun-asit AKÜMÜLATÖR'leridir. Aşağı yukarı 10 saat süreyle doldurulan bir akümülatör, boşalırken, gerçek depolama kapasitesinin (amper × zaman) yaklaşık % 90'ını verebilir. Ancak, boşalma sırasındaki gerilim, doldurma (şarj) geriliminden daha düşük olduğundan, alınan enerji gerçekte, doldurmak için tüketilen enerjinin % 75'i kadardır.

Taşıtlarda akümülatörün ağırlığı çok önemli olduğundan, kapasiteyi aynı tutarak, ağırlığı azaltma yolunda çeşitli çalışmalar yapıldı. Son otuz yıl içinde, «alkali akümülatör» adı verilen yeni bir akümülatör türü geliştirildi. Bu akümülatörlerde, potasyum hidroksit çözeltisi içine daldırılmış nikel ve kadmiyum ya da nikel ve demir plakalar vardır. Hem mekanik, hem de elektriksel yönden çok dayanıklı olan bu akümülatörler, aynı kapasitedeki kurşunlu akümülatörlerden daha ağır olmalarına karşılık, ELEKTRİKLİ TAŞITLAR'da geniş kullanım alanı bulmuştur. Akümülatörün akım verimi % 75-80 kadar, enerji verimi ise ancak % 65 dolaylarındadır.

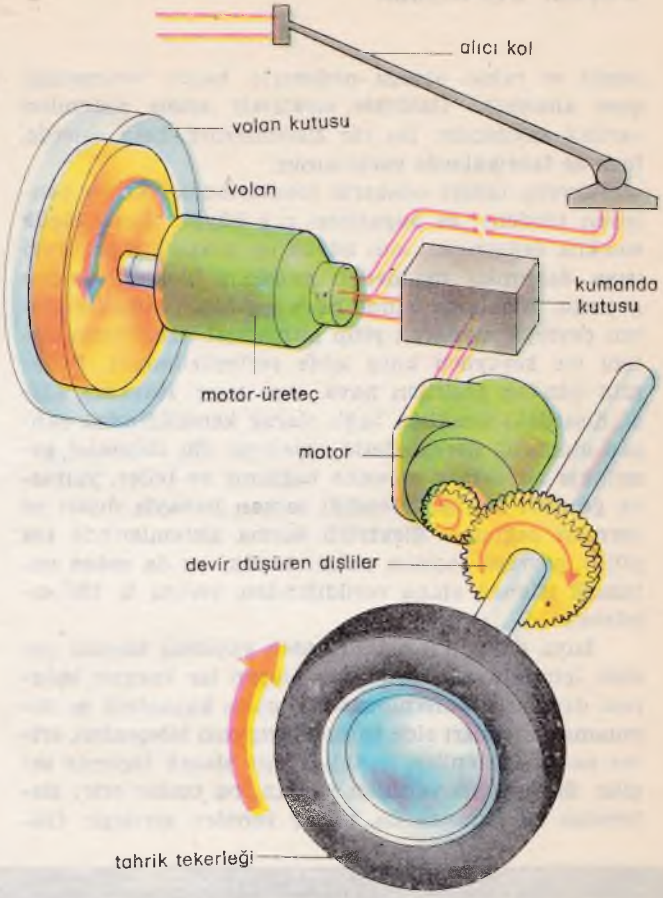
1967 yılında Ford şirketi, aralarında alüminyum plakalar bulunan sıvı sodyum ve kükürtle yapılmış, tümüyle yeni bir akümülatör geliştirildiğini açıkladı. 300°C sıcaklıkta çalışması gereken bu akümülatörün

Kuzey Galler'de bir pompalı depolama sistemi. Barajın arkasında bulunan üst depo, önde görülen alt deponun yanında yeralan santraldan 300 metre yüksektir. Burada 360 MW enerji üretilir.



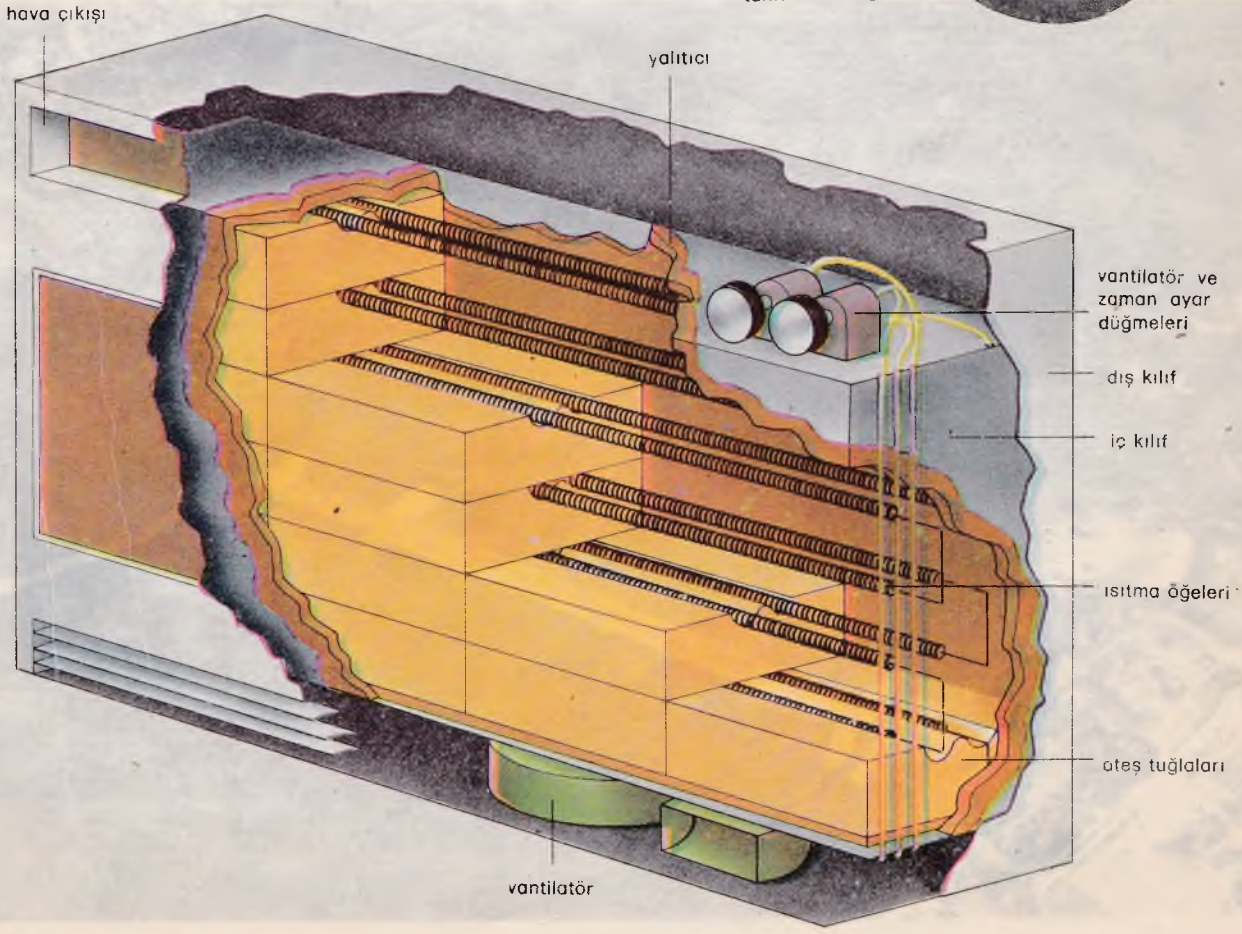
birim ağırlık başına çıkış gücü, kurşunlu akümülatörünkinin en az altı katıydı. Ford akümülatörü yeterince geliştirildiği zaman, elektrik enerjisiyle çalışan bir aile otomobili yapmak olanağı doğacaktır.

Isı depolama: Elektriğin ısınmada kullanılması, son derece verimsizdir. Çünkü elektrik üretilirken, önce yakıttan alınan enerji ısıya, ardından mekanik işe, sonra da ancak % 40 ya da daha az verimle elektrik gücüne dönüşür. Bu yüzden, elektrik enerjisinin yeniden ısıya dönüştürülmesi savurganlıktır. Ne var ki,



«Gyrobus»ın çalışma ilkesi. (sağda) Alıcı koldan gelen güç, motor-üreteci çalıştırır ve volanın 2 950 dev/dakika hızla dönmesini sağlar. Volanda depolanan enerji, daha sonra motor-üreteci döndürür ve tekerlekleri çeviren motora güç sağlar.

Elektrikli ısı depolama radyatörü. (altta) Yüksek yoğunluklu ateş tuğlasından oluşan blokların arasındaki boşluklarda, sarılmış ısıtma birimleri yeralır. Gece boyunca ucuz elektrikle tuğlalarda depolanan ısı, gündüz, bir vantilatörle aygıtın içinden geçirilen havayı ısıtarak odaya yayılır. Vantilatör, radyatöre giren havayı hep aynı sıcaklıkta dışarı püskürtür.



temiz ve rahat olması nedeniyle, bazen verimsizliği göze alınabilir. Özellikle elektrikli ısıtma sistemleri verimli sayılabilir. Bu tür sistemlerden hem evlerde, hem de fabrikalarda yararlanılır.

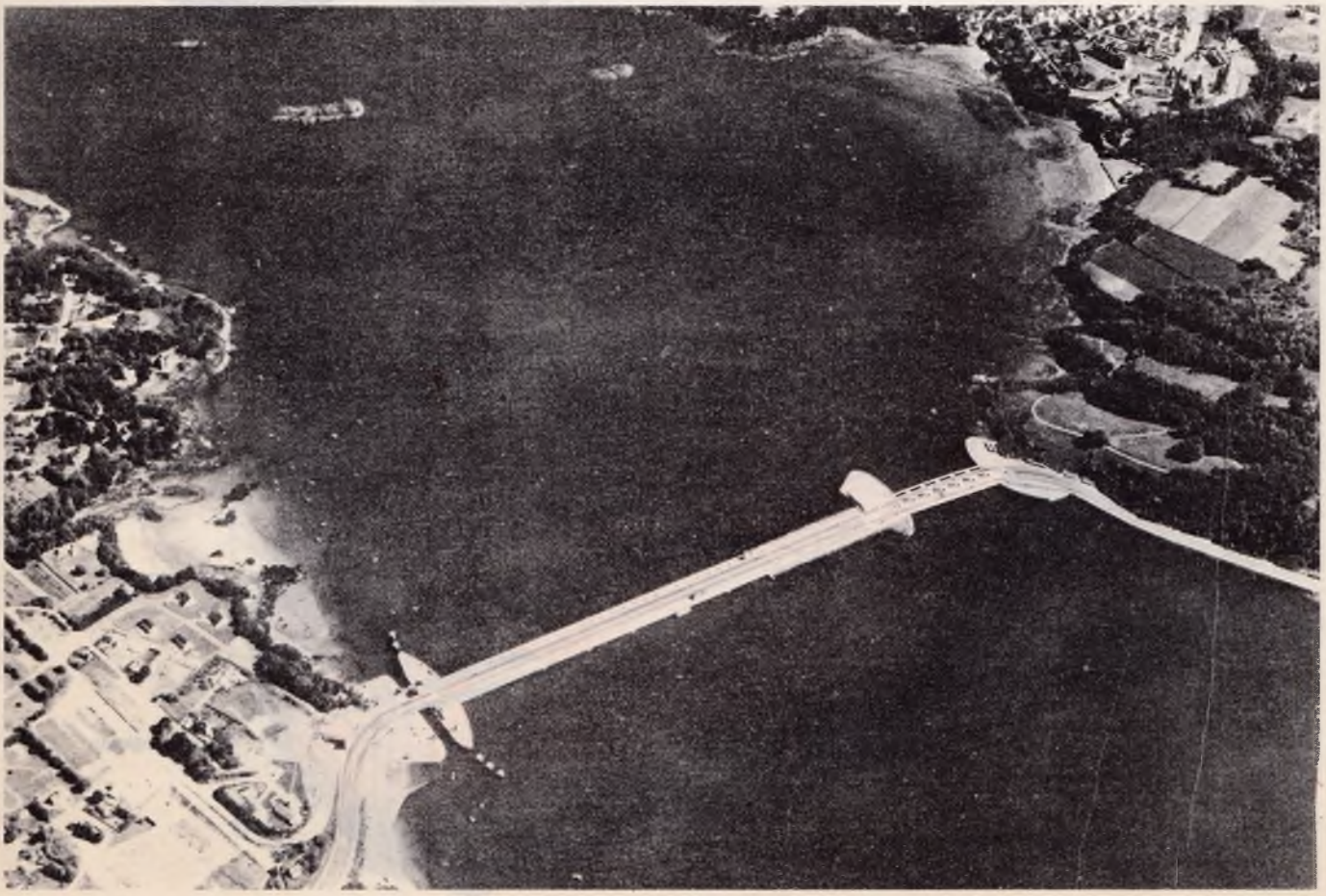
Direnç telleri (elektrik sobalarındaki tellere benzeyen türden), ısı kapasitesi çok büyük olan (küçük sıcaklık değişmeleri için büyük ısı miktarları soğurur) ısıya dayanıklı maddeden yapılmış bloklar içinden geçirilir. Blokların içinde hava kanalları bulunur. Isının çevreye yayılarak yitip gitmemesi için, bütün sistem bir koruyucu kutu içine yerleştirilmiştir. Sistemin içinden geçirilen hava, ısıyı taşır. Havanın akışı, dışardaki sıcaklığa bağlı olarak kendiliğinden çalışan otomatik pervanelerle ayarlanır. Bu sistemler, genellikle bir zaman rölesine bağlanır ve teller, yalnızca geceleri ısıtılıp, istendiği zaman havayla dışarı ısı vermesi sağlanır. Elektrikli ısıtma sistemlerinde tek yitim, çevreye yayılan ısıdır. Ancak, bu da zaten ısıtılmak istenen alana verildiğinden, verimi % 100 sayılabilir.

Isıya dayanıklı maddelerden yapılmış bloklar yerine, içinde uygun tuzlardan oluşan bir karışım bulunan depoların kullanılmasıyla, geniş kapasiteli ısı depolama sistemleri elde edilir. Karışımın bileşenleri, erime noktası istenilen sıcaklığa eşit olacak biçimde seçilir. Sisteme ısı verildiği zaman, bu tuzlar erir; sistemden ısı alınınca da, tuzlar yeniden sertleşir. Güneş enerjisi dahil birçok ısı kaynağına uygulanabilecek nitelikte olan bu depolama türü, şimdilik yaygın biçimde kullanılmamaktadır.

Mekanik enerji depolama: Yaygın kullanım alanı bulmamakla birlikte, enerjinin yalnızca mekanik araçlarla depolanmasını sağlayan sistemler de vardır. Bunların en yalınlarından biri, tren istasyonlarını, tren yolunun genel düzeyinden daha yüksek yapmaktır. Böylece, hızla gelen trenin kinetik enerjisi, istasyona yaklaşırken yokuş çıkmasıyla (ve kuşkusuz yavaşlamasıyla) potansiyel enerjiye dönüşür. Tren, istasyondan çıkınca yokuş aşağı gideceğinden, potansiyel enerji, kinetik enerjiye dönüşerek hızlanmasına yardımcı olur.

Yol düzeyini değiştirme olanağı bulunmayan yerlerde, aynı sonucu veren başka çözümler de uygulanmıştır. Bunlardan biri, fazla enerjiyi bir volanı döndürme yoluyla (kinetik enerji olarak) depolayıp, bu-

Fransa'daki Rance gelgit santralının havadan görünüşü. Irmağın denize açıldığı yerde kurulmuş olan bu baraj, sular yükseldiği zaman türbinleri pompa gibi çalıştırarak körfezin dolmasına yardımcı olur. İstenilen su düzeyi sağlanınca, su, türbinleri çalıştırarak geriye akar.



nu gerekli olduğu zaman kullanmaktır.

Bu sistemin en başarılı örneği, İsviçre'de kullanılan bir tür otobüstür (Gyrobus). Alışılmış enerji kaynaklarından hiç biriyle donatılmamış bu araç, gerekli enerjiyi, her durakta bulunan elektrik sistemlerine bağlanarak sağlar. Elektrik şebekesinden alınan güç, hem aracın üstündeki volanı döndürür, hem de akümülatörleri doldurarak ışık ve öteki elektriksel gereksinimlerin karşılanmasını sağlar. Otobüs harekete hazır olduğu zaman kaynaktan ayrılır; volanı hızlandıran elektrik motoru, tekerlekleri ve hız denetim sistemini çalıştıran bir başka motoru besleyen bir üretece dönüşür. Her durakta iki dakikadan daha kısa sürede, aracın 8 km yol gitmesine yetecek kadar enerji depolanabilir. İniş çıkışlı bölgelerde bu yol biraz daha kısalır; ama enerji, hiç bir zaman korunması gereken güvenlik düzeyinin altına (toplam enerjinin yarısı kadar) düşmez. Bu güvenlik payı, otobüsün herhangi bir nedenle gecikmesi ya da bir engeli aşmak için dolaşması olasılığına karşı saklanır.

İnsanlar, enerjinin niteliğini anlamadan yüzyıllarca önce, amaçlarına ulaşmak için enerji depolamayı biliyorlardı. Ok ve yay ile mancınık gibi birçok araç, temel enerji kaynağını, yani insan gücünü depolar. Yayda ya da mancınıkta % 100 verimle depolanan insan gücü, okun atılması için birden serbest bırakılır.

ENERJİ KAYNAKLARI

İnsanoğlunun enerji gereksinimi, dünyada var olduğu tarihten bu yana gittikçe artmış ve atalarının kullandığı ateşten başlayarak, gelişen dünyamızda çağdaş boyutlara ulaşmıştır. Son yıllarda, dünya enerji kaynaklarının yetersiz olduğu ve bütün gereksinimleri karşılayamayacağı düşüncesi yaygınlaşmaya başlamıştır. Özellikle endüstrileşmiş ülkelerde, birbirinden bağımsız ve önceden planlanmamış çok sayıdaki endüstri kuruluşu, büyük miktarda enerji tüketmektedir. Toplumsal davranışlardaki bazı değişiklikler ve yeni petrol yataklarının bulunması gibi yenilikler, enerji kaynakları ve tüketimi konusunda önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bu yüzden, bu konuda verilecek bilgiler varsayım olmaktan öteye gitmez; kesin hesapların her an yanlış çıkması olasılığı vardır. Yapacağımız açıklamalar da, enerji kullanımının günümüzdeki gibi sürüp gideceği varsayılarak yapılmıştır.

Bazı bilim adamları, enerjiden daha iyi yararlanmak (Bk. KORUNUM TEKNOLOJİSİ) için, bazı önlemler almanın doğru olacağını düşünmektedirler: Evler yalıtılmalı ve GÜNEŞ ENERJİSİ'yle ısıtılmalıdır; büyük ölçüde mekanik enerji gerektiren tarımsal üretim bırakılmalı, bunun yerine evlerin bahçelerinde yiyecek üretilmelidir; elektronik iletişim olanakları artırılarak yolculuk gereksinimi azaltılmalıdır. Ancak, bu düşüncelerin gerçekleşmesi için, toplumsal yaşamda büyük değişikliklerin yapılması gerekir.

Enerji gereksinimleri: Enerji birimi Joule (jul) ya da daha çok bilinen kaloridir. Yiyeceklerdeki enerji genellikle, kilo-kalori ve kalori birimiyle belirtilir. Bununla birlikte, enerji santralları söz konusu olduğunda, çoğunlukla, enerjinin üretilme ya da tüketilme sürecini göz önüne almayan watt gibi güç birimleri kullanılır. Görüldüğü gibi, enerji kaynaklarının çeşitli güç birimleriyle belirtilmesi olanaklıdır. Burada, birim olarak watt (ve kilowatt, megawatt gibi katları) kullanacağız

Hafif işlerde çalışan bir insan için, yiyeceklerden aldığı 0,15 kW (1 kW = 239 kalori/saniye) yeterlidir. Oysa 1970 yılında Avrupa'da yiyecek ve öteki kaynaklardan kişi başına enerji tüketimi 5 kW olmuştur. Azgelişmiş ülkelerde bu değer 0,5 kW, A.B.D'nde

Rüzgardan enerji sağlamak için çok sayıda yel değirmenine gerek vardır. Resimde (altta), sınırlı hızda çalışan çok kanatlı yel değirmenleri görülmektedir. Kanat sayısı azaltılarak, hız artırılabilir ve şiddetli rüzgarda, her değirmenin 1 kW'lık enerji üretmesi sağlanır.

ise 10 kW'tır. Gelişmiş ülkelerde, enerjinin dörtte biri evlerin ısıtılmasında ve aydınlatılmasında, dörtte biri taşımacılıkta, geri kalanı da endüstri ve tarım üretim alanlarında tüketilmektedir.

Günümüze kadar kullanılan enerjinin büyük bir bölümü kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların yakılmasıyla sağlanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, elektrik elde etmek için tüketilen enerji, 1970'te toplam enerjinin 1/4'ü kadardı. Bu değerin önümüzdeki yıllarda daha da artacağı sanılmaktadır.

Günümüzdeki petrol kaynaklarının çok geniş olduğu (430×10^6 MW yıllık) sanılabilir, ama tüketimin günden güne arttığı göz önüne alınınca, bunun yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Yıllık petrol tüketimi % 5 azaltılsa, zift ve şist tabakalarından petrol elde edilmesi için gereken teknoloji geliştirilse bile, var olan yatakların 2020 yılında tükeneceği öngörülmektedir. Buna karşılık, kömür yatakları daha geniştir; ama kömür, enerji üretimi için olduğu kadar, plastik ve yağ üretimi için de gereklidir. Kömürden elektrik enerjisi (günümüzde kömürün % 60'ı bu alanda kullanılmaktadır) sağlanması bırakılırsa, kömürün, yüz yıl daha kimya endüstrisi için hidrokarbon kaynağı olarak kullanılması söz konusu olabilir.

Fosil yakıtlar, *fotosentez (ışılbireşim)* yoluyla 400 milyon yıldır bitkilerde birikmiş olan güneş enerjisi taşır. Ne var ki, bu kaynaklar, yenilenemeyen kaynaklardır. 2 000 yıllık fosil yakıt dönemi bitmek üzeredir ve insanoğlu, bunun yerini alacak yeni enerji kaynakları bulmak zorundadır.

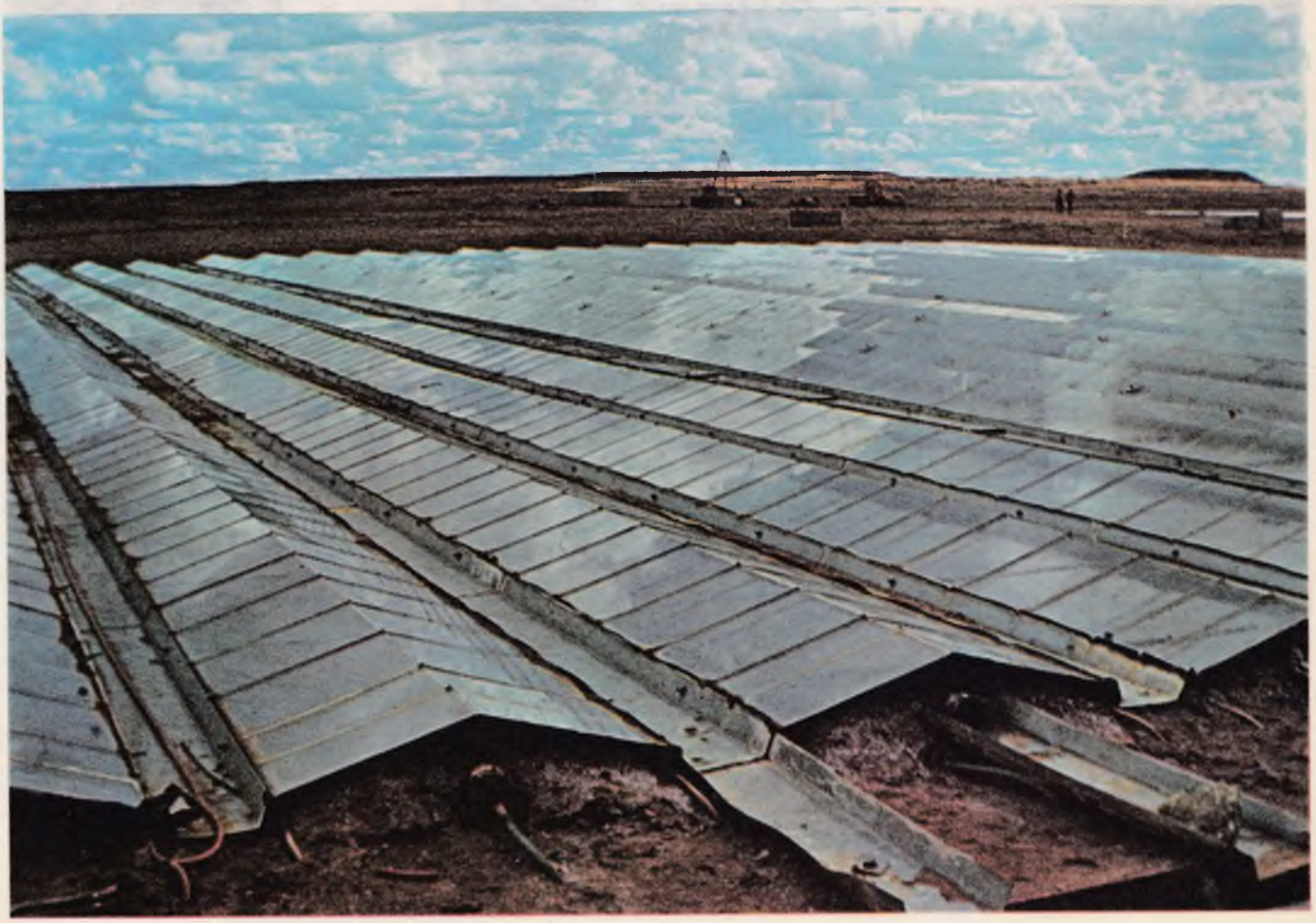
Su gücü: Güneşin buharlaştırdığı suyun, yağmur olup yeniden yere düşmesi, bir bakıma güneş enerjisinden sürekli yararlanabilme olanağı sağlar (rüzgar gücü çok daha büyüktür; ama geniş alanlara dağıldığından, ancak küçük ölçeklerde yararlı olmaktadır). Suyu yüksek bir yerden düşürerek TÜRBİN'leri çevirmek ve bu yolla elektrik enerjisi üretmek olanaklıdır. Bu enerji kaynağına, «*hidroelektrik güç*» de denilmektedir. Dünyadaki toplam hidroelektrik güç kapasitesi, $2{,}9 \times 10^6$ MW'tır; ama günümüzde bunun ancak % 7'sinden yararlanılmaktadır. Kullanılmayan kaynakların çoğu, yerleşme bölgelerinden ve endüstri alanlarından çok uzaktır. Bu yüzden, taşıma gider-

Resimde (altta) görülen nükleer merkezlerle, enerji bunalımı hafifletilebilir. Ancak, fizyon sonucu ortaya çıkan radyoaktif artıkların, yüzlerce yıl yalıtılarak saklanması gerekmektedir. Artıkların uzay boşluğuna bırakılması önerilmektedir; ama bu işlem sırasında oluşacak bir kaza, korkunç zararlara neden olabilir.

leri büyük değerlere ulaşmaktadır. Üstelik kullanım programına alınsalar bile önemli ölçüde çevre değişikliğine neden olacaklardır: Irmakların akış düzenleri değişecek ve birçok yerde alüvyonlar birikecektir. Bu nedenle hidroelektrik enerji, azgelişmiş ülkeler için yararlı olabilirse de, gelişmiş ülkelerin gereksinimlerine yanıt vermez.

Gelgit enerjisi: Dünyadaki toplam potansiyel gelgit enerjisi, 3×10^6 MW düzeyindedir. Ama yararlanılan miktar (alçalma yükselme farkı 3 m'yi aşan sığ denizlerde), 64 000 MW'ı geçmez. Bunun da tümü elektrik enerjisine dönüştürülmez. Dünyanın tek gelgit barajı, Fransa'daki Rance ırmağı üstündedir. Bu bara-

Güneş enerjisinden yararlanmada iki ayrı yol. Sağda, uzay araçlarına güç sağlamada kullanılan güneş pilleri görülmektedir. Deney aygıtlarında % 18 verim elde edilmektedir; ama gerçek ortalama verim, % 12'yi aşmaz. Burada güneşe bakan 1 m²'lik güneş pilinin yüzeyine 1,3 kW'lık güç düşmesine karşılık, bunun ancak 150 W kadarı elektriğe dönüşebilmektedir. İkinci yol, Avustralya'daki gibi güneş ışığını su buharı elde edecek biçimde odaklamaktır (altta). Bu durumda, % 30 verimle elektrik enerjisi elde edilebilir.



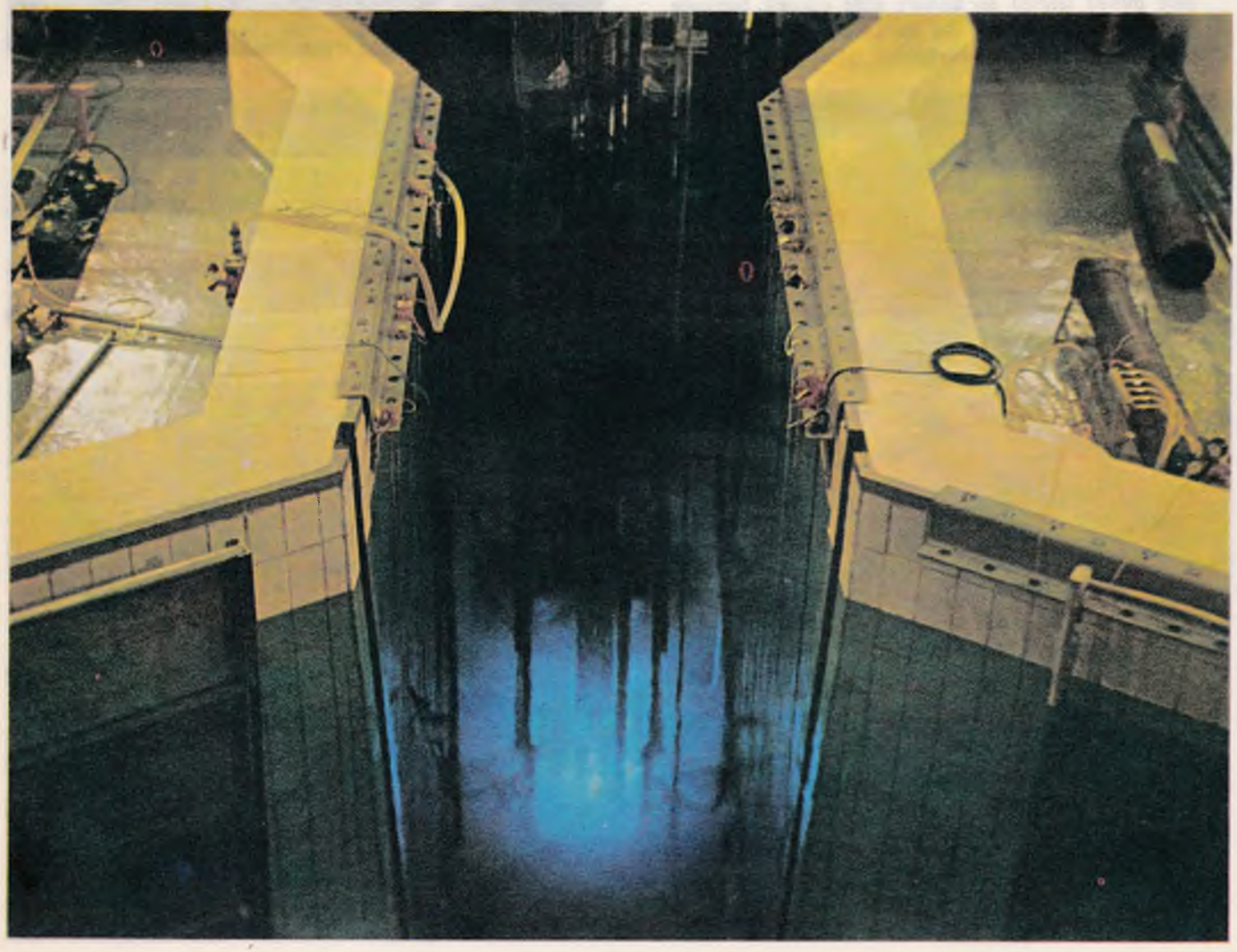
jın ortalama gücü, 100 MW (büyük bir santralın gücünün 1/10'u) kadardır. Gelgit gücünün dünya gereksinimine katkısı çok küçüktür. Ancak pompalamayla depolama sistemleriyle birlikte kullanılarak, bölgesel elektrik kaynaklarının verimini bir ölçüde yükseltebilmektedir (Bk. ENERJİ DEPOLAMA).

Yerısıl güç (Jeotermal güç): Yanardağ bölgelerindeki sıcak su kaynaklarından su buharı elde edilebilir. Bunların toplam buhar üretim kapasitesi, 1 200 MW dolayındadır. Söz konusu potansiyel enerjinin % 1'inin denetlenebildiği ve % 25 verimle elektrik enerjisine dönüştürüldüğü varsayılsa, yılda 3×10^6 MW'lık bir güç üretilebileceği anlaşılır. 50 yıllık bir dönemde kullanılsa bu, 60 000 MW'lık güç verir. Ne var ki, fosil yakıtı bulunmayan İzlanda gibi ülkeler için önemli bir enerji kaynağı olabilen sıcak su kaynakları, dünyanın her yanında bulunmaz.

Yanardağ bölgelerinde açığa çıkan bu ısı enerjisinin, yeryüzünün 30 km kadar derininde, geniş bir alana yayılmış bulunan radyoaktif maddelerin bozunması sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Sıcak tabakaların çok derinde olmadığı yerlerde, «derin sonda» yöntemleriyle ısıl kaynağa ulaşılabilir; ama bu amaçla kullanılacak pompa sistemlerinin güç gereksinimleri sorun yaratır. 900°C'ta sıvı granitten oluşan magmanın 500°C'ta soğuyup billurlaşması durumunda, açığa çıkan ısı miktarı, 1 km^3 için 60 000 MW'tır. İyimser hesapla % 20 verim sağlanacağı düşünülse bile, 1 km^3'lük magma, 1 000 MW'lık bir güç merkezini yalnızca 12 yıl besleyebilir. Bu nedenle, yerısıl enerjinin, dünya enerji bunalımına çözüm getirmesi beklenemez.

Güneş ışınımı: Güneş ışınımının yaklaşık % 30'u atmosferden geri yansır, % 20'si atmosferce soğurulur ve yalnızca % 50'si yeryüzüne ulaşır. Elverişli bölgelerde yeryüzüne düşen güç, km^2 başına 240 MW kadardır. Kuşkusuz bu, değerli bir kaynaktır. Ancak, elektrik enerjisine dönüştürülmeye ne ölçüde uygundur? Günümüzün teknolojisiyle, bir bölgeye düşen

Cerenkov ışınımının mavi ışığı, elektronların hızla suya çarpması sonucu oluşur. (altta) Bu ışık, nükleer reaktörde enerji üretiminin başladığını gösterir. Bu tür sistemlerde oluşan enerjinin, ortamdan hızla çekilmesi gerekir.



güneş enerjisinin % 15'ten azı elektriğe çevrilebilmektedir. Dolayısıyle, 1 000 MW üretecek bir santral için, toplayıcı yüzeyinin 42 km²'den büyük olması gerekir.

Bir başka seçenek de, güneş enerjisinin uydularla uzaydan toplanmasıdır. Uzayda km²'ye düşen güç 1 390 MW değerindedir ve değişmez. Toplanan bu enerji, daha sonra mikrodalgalar halinde yeryüzündeki toplayıcılara gönderilecektir. Böylece 1 000 MW'lık bir santralı çalıştırmak için, 8 km²'lik alan yeterli olur. Ayrıca yeryüzü toplayıcıları, tellerden oluşacağından, altlarındaki alan başka amaçlarla kullanılabilir. Bu tasarı, bir uzay programı gerektirdiğinden, başlangıçta büyük yatırımların yapılmasını gerektirir. Ama sonsuz bir enerji kaynağı sağlayacağı ve hava kirliliğine yolaçmayacağı için,çok elverişlidir.

Yer altındaki enerji, dünyanın birkaç yerinde buhar olarak yukarı çıkar. Resimde (altta), Yeni Zelanda'daki bir yerısıl santral görülmektedir. Burada yer altından gelen su buharı doğrudan türbinleri besler. Elektrik üreten birimler, öteki santrallardakine benzer.

Nükleer enerji : NÜKLEER REAKTÖR'ler, radyoaktif yakıt kullanarak FİZYON yoluyla ısı oluştururlar. Bu ısı, elektrik enerjisi elde etmede kullanılır. Günümüzde yakıt olarak, kaynakları çok sınırlı olan uranyum 235 kullanılmaktadır. Ancak, geliştirilmekte olan üretici reaktörler, tükettiklerinden daha çok yakıt üretebilecektir.

Fizyon, enerji bunalımına yanıt verecek niteliktedir, ama radyoaktif artıklar önemli bir sorun oluşturmaktadır. Günden güne artan radyoaktif artıkların, zararsız duruma gelmesi için yüzlerce yıl geçmesi gerekir. Öte yandan, yakıt öğelerinin üretildikleri yerden reaktöre taşınması da başka bir sorundur.

Döteryum (deniz suyundan) ve trityum (lityumdan) kullanılarak, FÜZYON'la çok daha güvenli yoldan nükleer enerji sağlanabilir. Ne var ki, füzyon tepkimelerini denetleyecek uygun bir yöntem geliştirilememiştir.

Güç kaynağı olarak bitkiler: Dünyadaki yıllık orman artımı $12\,900 \times 10^6$ tondur. Bunun % 13'ü kesilebilmektedir. Geri kalan % 87, yılda 5×10^6 MW'lık (dünyanın yıllık enerji tüketimine yakın bir değer)

bir güç oluşturabilir. Bilinçsiz orman kesiminin çevre ve iklim koşullarını olumsuz yönde etkilemesine karşılık, azgelişmiş ülkeler, bilimsel orman işletmeciliğiyle yararlı bir güç kaynağına kavuşabilir.

Dibinde organik maddeler birikmiş küçük göl ya da derelerden de enerji elde edilebilir. Fotosenteze uğramış maddeler, enerji kaynağıdır. Ekilebilir topraklarda bu yolla, ormanlardan sağlananın 10 katı verim alınabilir. Ancak, verimli toprakların tarımdan bu yöne kaydırılması, sakıncalı sonuçlar verecektir. Dünya nüfusunun 2 000 yılında 6×10^9'a ulaşması beklenmektedir; o zaman yalnızca yiyecek üretmek için gereken enerji, 1×10^6 MW olacaktır.

Enerji sorunu çözülmezse, gelişmiş ülkelerin yaşam düzeyinde büyük düşme, azgelişmiş ülkelerde ise kıtlık olacaktır. Su enerjisi, yerısıl kaynaklar ve yerden güneş ışınımı alma üstünde yapılan araştırmalar, bunlardan pek az yarar sağlanabileceğini ortaya koymuştur. Uzun ömürlü ve oldukça güvenli olan iki kaynak, yani füzyon enerjisi ve uzaydan güneş enerjisi ise, şimdilik üretilememektedir.

Enerji gereksinimini karşılamada ortaya çıkan sorunların tümü teknolojik değildir; çok daha karmaşık toplumsal ve siyasal içerikli sorunlar da vardır. Bununla birlikte, kullandığımız kaynakların verimini artıracak çeşitli yollar bulunabilir.

Akarsular, yararlı güç kaynaklarıdır; ancak elde edilebilecek enerji, akarsuyun «düşü»süne, yani düşme yüksekliğine bağlıdır. Bu yüzden hidroelektrik santrallar genellikle dağlık bölgelere kurulur. Resimde (altta), İzlanda'daki Sogsvirkjun santralı görülmektedir.

ENJEKSİYON KALIPLAMA Bk. PLASTİKLER

ENTALPİ VE ENTROPİ Bk. TERMODİNAMİK

ENTANSİF HAYVANCILIK Bk. YOĞUN HAYVANCILIK

ENTEGRE DEVRELER

1960'larda entegre devrelerin bulunması, elektronik endüstrisinde devrim yarattı. Karmaşık elektronik işlemleri yerine getiren bu devreler, «pulcuk» denilen çok küçük bir silis billuru içine sığdırılabilmektedir (Bk. YARIİLETKEN). «Pulcuk»un eni ve boyu 1,27 mm, kalınlığı ise, 0,25 mm kadardır. Büyük ölçekli entegre devrelerde (LSİ) söz konusu boyutlar, 6,4 mm'lik bir kareye çıkar. Bu devreler binlerce TRANSİSTÖR'ün yaptığı işi görebilir.

Entegre devrelerin önemi, yalnızca boyutlarının küçük oluşundan gelmemektedir. Birçok uygulamada küçüklük önem taşımaz: Sözgelimi yüksek «yerleştirme yoğunluğu»nun önem kazandığı BİLGİSAYARLAR'ın, entegre devrelerin başlıca kullanım alanlarından birini oluşturmasına karşılık, televizyon alıcısının boyutları, tüpün büyüklüğüne bağlıdır. Entegre devre teknolojisinin üstünlüğü, yüksek verim, yüksek güvenilirlik ve ucuz maliyetten kaynaklanmaktadır. Endüstrideki bu devrimin kaynağı, A.B.D 'ndeki uzay çalışmalarıdır. Oradan, dünyadaki profesyonel elektronik alanlara yayılmış ve günlük yaşama girmiştir. Günümüzde bu tür devreler, kol saatlerinde, çamaşır makinalarında, gazölçerlerde, vb.'de kullanılmaktadır. Fiyatların iyice düşmesi sonucu, elektronik cep hesap makinaları yapılmıştır. Bunlar, birkaç yıl önce ancak büyükçe bir bilgisayarın görebildiği işleri başarabilecek güçtedir. Çok yakında bilgisayarların telefonlara bağlanması ve TV kanallarından haber dağıtım işleri gibi ilerlemelerin de gerçekleşeceği sanılmaktadır.

Silisli transistör: Entegre devreler, silisli transistörlerden yapılır. Transistör, eskiden kullanılan lambanın (vakum tüpü) gördüğü işi yapar; ancak, çok daha küçük boyutlu ve kullanışlıdır. 1955'ten sonra, aşağı yukarı bütün elektronik devrelerde, transistörler özellikle yükseltici öğe olarak kullanılmaya başlandı. DİRENÇ ÖĞE'leri ve KONDANSATÖR'lerle birlikte bağlanmaları sonucu, aygıtların karmaşık görünümleri oldukça yalınlaştı. Sözgelimi, taşınabilir bir radyoda 6 transistör, 40-50 direnç öğesi, 20 kondansatör ile HOPARLÖR, ANTEN ve PİL gibi öteki öğeler birlikte bulunabilir.

Transistör, bir arı silis billurundan oluşur. Silis, sıvı durumundayken arılaştırılır ve gene sıvı halden billurlaştırılır. Billur, dilim dilim kesilir; yüzeydeki lekeler cilalanarak yok edilir. Silisin elektriksel özellikleri, sıvı haldeyken katılan ya da yüksek sıcaklıkta cilalı billur dilimi içine yayılan az miktarda bor ve fosfor gibi kimyasal maddelerle belirlenir. Transistörün yapısı sandvice benzer: Üç tabaka halinde fosfor, bor ve fosfor art arda getirilir. Bunların miktarları ve yeralacakları bölgeler, hassas ölçümlerle saptanır. Genel amaçlı bir transistördeki billur pulcuğunun eni ve boyu 0,076 mm, sandviç yapının kalınlığı ise 0,0025 mm kadardır.

Karmaşık öğelerin yapımı: Bir tam devre, birçok transistör, kondansatör, direnç öğesi ve iletken bağlantıdan oluşur. Devrenin oluşturulmasında temel ilke, bu öğelerin aynı anda üretilmesidir. Yani silis diliminin uygun bölümleri dirençleri oluştururken, ana bölümler de kondansatör olarak düzenlenir. Üretimin en önemli yanı, devre öğelerinin birbirinden yalıtılmasıdır. Bunu sağlamak için, bor katılmış türden (p tipi) bir alt tabaka üstüne, yayınma yoluyla, bileşenler arasında adacıklar halinde fosfor bulunan (n tipi) malzeme oluşturulur.

Bir dizi yayınma işlemi sonucu çeşitli öğeler ortaya çıkarıldıktan sonra, bunlar, metal bir filmle birbirine bağlanır. Metal film, genellikle alüminyumdan yapılır. Yalıtkan malzeme olarak da bir silis dioksit tabakası kullanılır. Metal çizgiler, ayrıca, entegre devrenin çıkış uçlarına bağlantı verirler.

Bu entegre devrede 120 bileşen bulunmaktadır. Ondalık sinyalleri sayan, transformatör- transistörün (TTL) mantık devresidir. (üstte)

Elektronik hesap makinasında kullanılan, metal oksit silis (MOS) pulcuğu. Bu tür aygıtlarda, birkaç mm boyutundaki pulcuk üstüne 10 000 bileşen yerleştirilmiştir. (altta)

Bileşenlerin boyutları çok küçüktür (0,013 mm kadar). Bu yüzden, devrenin tasarımı, bunun en az birkaç yüz katı ölçekli olarak yapılır. Ardından gerçek çizim, fotoğrafçılık yöntemleriyle küçültülür. Belirli yapım aşamalarında kullanılacak, çeşitli maskeler hazırlanır. 5 cm çapında bir silis dilimi, birkaç yüz devre içerir.

Yayınma işleminin dayanak noktası, silis dioksidin (CAM'ı oluşturan maddelerden biri), yabancı yayınma maddelerine karşı bir engel oluşturmasıdır. Dolayısıyle, yayınma gerektiren küçük bölgeleri ayırmak için, silis önce oksitlenir, sonra *«asitle yakma»* adı verilen bir yöntemle, oksit tabakası içine maske modelleri oyulur. Böylece yayınma pencereleri oluşturulur. Asitle yakma yönteminde, oksitlenmiş dilimin üstü, ışığa duyarlı bir çözültüyle kaplanır; maske görüntüsü bu çözültü üstüne düşürülür. Bu bölgeler daha sonra sertleştirilir. Böylece, pencerelerdeki oksitleri çözmek için asit kullanıldığında, sertleşmiş bölgeler tepkimeye girmez. Bu işlemler bitince çözültü temizlenir ve devre, yayınma işlemine hazır olur. Benzer bir yakma yöntemiyle, öğeler arasındaki iletken bağlantılar oluşturulur.

Birleştirme ve deneme: Entegre devreler, her biri yüzlerce devre içeren birçok silis dilimi halinde işlenir. Seri entegre devre üretimi, sürecin ekonomik önemini vurgular. Ancak kullanıcılar, gerek kolaylık, gerekse koruma açısından, silis dilimlerinin uygun koruyucular içine alınmasını ister. Üretimin bu aşaması, yapım giderlerinin en büyük bölümünü oluşturur. Bu yüzden, entegre devreler koruyucu içine alınmadan önce denetimden geçirilerek, çalışmayan aygıtlar için gereksiz harcama yapılması önlenir.

Denetim işlemi, sayıları altı ile kırk arasında değişen iğne ucunun, dilimin alüminyum bölümüne değdirilmesiyle yapılır. Devre, karmaşık bir yapı içerdiğinden, bunun denetimi de karmaşık olur. Üretim hızını artırmak için, deneyler, otomatik olarak bir bilgisayar denetiminde yürütülür.

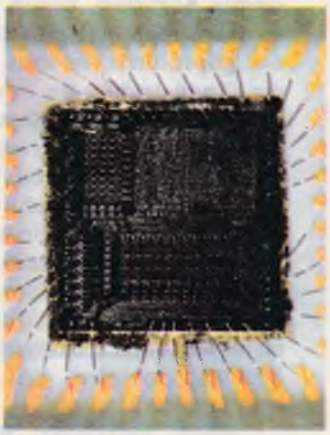
Bilgisayar sistemi, saniyede binlerce deney yapabildiği gibi, sonuçların sayısal çözümlemesini de verir. Ayrıca, hatalı devrelerin listesini çıkarır ve bunların daha sonraki işlemlere katılmasını önler. Deney aygıtı, silis dilimi üstündeki hatları otomatik olarak taramadan geçirir ve çalışmayan bölümleri bir mürekkep noktacığı ile belirler.

Denetimden sonra dilimler, birbirinden ayrılarak «pulcuk» haline getirilir. Bunu sağlamak için dilim araları elmasla çizilir ve mekanik olarak kırılır. Ancak bu, yavaş bir yöntemdir; fabrikalarda ya otomatik testereler ya da LASER ışını kullanılır.

Pulcuklar bundan sonra, devrenin tabanını oluşturan *plaka* üstüne yerleştirilir. Çevreden gelecek zararlardan etkilenmemesi için devre, kullanım biçimine göre değişen çeşitli biçimlerde korunur. Pulcuklar, plakalara altın bir kaplamayla ya da daha ekonomik ve yalın olan iletken bir reçineyle yapıştırılır.

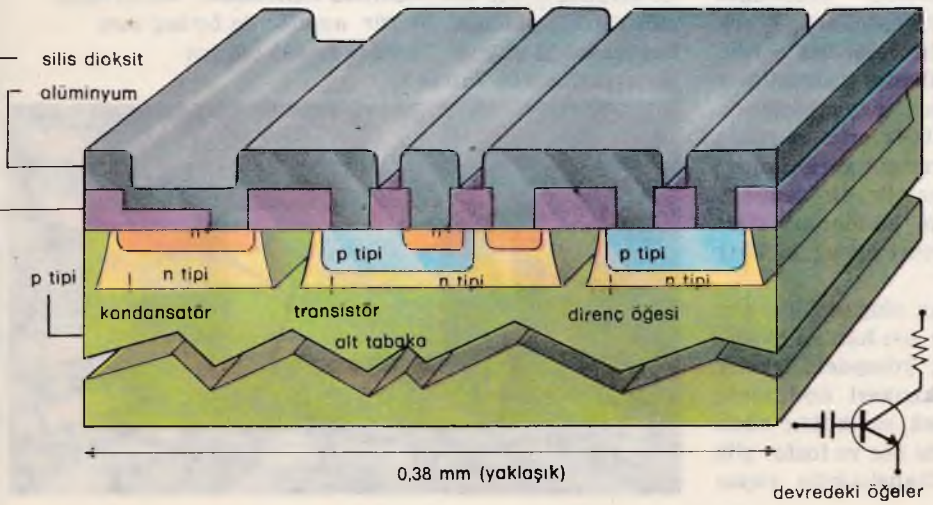
Pulcukların, yerleştirildikten sonra, plaka üstündeki giriş çıkış uçlarına bağlanması gerekir. Bu işlem SESÖTESİ kaynak yöntemiyle, 0,025 mm çapındaki iletken alüminyum ya da altın teller kullanılarak yapılır. Son aşama, devrelerin kılıflanmasıdır. Bu, genellikle isteğe göre düzenlenir. Ya reçine püskürtülerek yapılır ya da gaz ve su buharının kötü etkilerinden yalıtmak için, asal gaz ortamında devre üstüne, kaynakla bir kapakçık oturtulur.

Yeni yöntemler: Entegre devre üretiminde genellikle, yukarda tanımlanan üretim biçiminden ya-



Bu silis fırınında geçitler, örtü maddesiyle kaplanmıştır. Ara bağlantı bölgeleri ise, polisilisli metal kaplamadır. (üstte solda)

20 W'lık hi-fi yükseltici pulcuğu. Bu devrenin gerçek boyutları 1,143 X 1,651 mm'dir. (üstte sağda)



Kondansatör ve direnç öğesi bağlantıları bir transistöre giren bir entegre devre. (solda)

rarlanılır. Başka seçenekler ve ek teknikler de geliştirilmiştir. Ancak bunlar, genellikle aygıtların maliyetini yükselttiklerinden, yalnızca çok önemli devrelerin üretiminde kullanılır. Ne var ki, söz konusu tekniklerin gelişmesi, yeni tür aygıtların yapılmasına ve yeni uygulama alanlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Çağdaş yöntemler, çok ileri işlem tekniği gerektiren karmaşık devrelerin yapımına yöneliktir. Ancak çok geniş bir pazar (özellikle günlük yaşama girebilen) oluştuğunda, bu üretim yönteminin kullanılması ekonomik olur. Bununla birlikte, teknolojik yönden değil, ama kuram ve düzenleme bakımından bazı güçlükler vardır. Karmaşık bir devreyi sınırlı çıkış uçlarıyla çok daha büyük bir sisteme bağlamak zordur. Sözgelimi 10 000 transistör içeren bir devrenin, yalnızca 12 bağlantı noktası gerektirmesi, sorunun büyüklüğünü ortaya koyar. Bu yüzden, gelecekte üretim teknolojisini geliştirmenin yanı sıra, mikroelektroniğin sosyal ve ekonomik yararlarını en üst düzeye çıkaracak aygıtlar da ortaya konulmalıdır.

ENTERFEROMETRE Bk. GİRİŞİMÖLÇER

EPİKUROS (İ.Ö. 341—271)

Epikuros «maddeci» düşünce okulunun (evreni, nesnelerin gözlemlenebilir maddi düzeni dışında açıklamaya gerek duymayanlar) ilk büyük Yunan düşünürüdür.

Atina yurttaşı olan Epikuros, öğretmenliğe İ.Ö. 311'de başladı. Onu tanrıtanımaz sayan tutucuların, düşüncelerine karşı besledikleri düşmanlık yüzünden, İ.Ö. 306'da Atina'ya yerleşmeden önce, iki kez Atina dışına göç etmek zorunda kaldı. Atina'ya yerleştikten sonra bahçeli bir ev satın aldı; kadınların ilk kez öğrenci olarak kabul edildikleri bir felsefe okulu kurdu. Okulu, bir kurumdan çok, dostlardan ve öğrencilerden oluşan bir topluluk gibi yönetti. Burada görüşlerinin öğretilmesiyle yetinilmiyor, aynı zamanda, ruhsal barış ve acıdan özgür olma yoluyla ahlaksal yetkinlik amaçlanarak, uygulamaya konuluyordu.

Epikuros Atina'da öldü. İzleyicileri, onun öğretilerini Yunanistan dışına yaydılar. Gerçekten onun kuramlarına ilişkin bilgilerin çoğunu, daha sonra yaşayan Romalı ozan Lucretius (İ.Ö. 94-55) aktarmıştır.

Atomculuk: Eski felsefe sınır tanımıyordu; evrenin doğasına ilişkin gözlemler, bizim genelde «bilimsel» olarak tanımlayacağımız alanlara da yayılmıştı. Epikuros, gençlik yıllarında, bütün nesnelerin kökeninde bir temel töz (sonsuz ve tanrısal) bulunduğunu savunan eski kurama karşı çıkan Demokritos (İ.Ö. 460-357) gibi atomcuların düşüncelerinden etkilendi. Atomcular, cisimlerin kökeninin, «bölünemeyen sayısız tanecikler olan» Atom'ların hareketleriyle belirlendiğine inanıyorlardı (yunancadan gelen «atom» sözcüğü «bölünmez» anlamına gelir). Bu kuram, Epikuros'un bilimsel düşüncesinin temelini oluşturdu. Ona göre, çeşitli büyüklük, ağırlık ve biçimde olan atomlar arasındaki çarpışmalar, bütün cisimlerin kökenini açıklar. «Yaratılış» yoktur; tersine her zaman iki doğa vardır ve olacaktır: Atomlardan oluşan madde; atomların hareket ettiği uzay. Epikuros, atomların, ağırlıklarından dolayı, eşit hızda da olsa, aşağı doğru hareket ettiklerine inanıyordu. Her biri aynı yönde hareket ettiğine göre, birbirleriyle karşılaşmalarını açıklamak için, hareketleri sırasında sapma olduğunu öne süren bir kuram ortaya attı; ama bilimsel bir kanıta dayanmadığı için, bu kuram, sürekli eleştirildi.

Evren: Epikuros'a göre atom sayısı sonsuz olduğu için, evrendeki dünyaların sayısı da sınırsızdı. Bir dünyanın yaratılması için gereken tek koşul, bir atom fırtınasıydı. Dünyalar oluşacak ve zaman içinde, giderek, çözünüp yok olacaktır.

Epikuros'un varmak istediği sonuç, evrende keyfi ve tanrısal bir amaç olmadığını göstermektedir. Evrendeki her şey, madde olduğu için, ölümlüdür. Mitos ve batıl inançlarla yüklü olan eski gökbilim ve meteoroloji konusundaki görüşlerinde, bu noktayı vurgular.

Maddeci düşünce okulunun başlatıcısı olan Epikuros'un bir büstü.

Epikuros,gök cisimleri ve bunların hareketlerinin kökeni konusunda birden çok açıklamanın yapılabileceğini kabul ediyor, ancak bu açıklamaların bilimsel ve doğalın dışında olmaması gerektiğini öne sürüyordu.

Ahlak kuramları: Epikuros, günümüzde daha çok, korku ve acıdan arınma ile birlikte mutluluk ve hazzın insanın ulaşabileceği en yüksek «iyilik»i oluşturduğunu ileri süren öğretisiyle tanınır. Ama, «Epikürcü»yü, günümüzde anlaşıldığı gibi, «iyi bir yaşam» (maddi konfor) isteyen, ince beğenili biri olarak tanımlamak, Epikuros öğretisini özünden saptırmak olur. Maddeci olmasına karşın, felsefesinin temeli, kendini denetleme ve ılımlılığa dayanır. Epikuros «yalın hazlar, bize lüks bir yemeğin verdiği hazzı sağlar» der. Aşırılığa kaçmanın yanı sıra en büyük düşman, korkudur. İnsan, özellikle mutlu olmak istiyorsa, yalnızca ölümden değil, ölüm korkusundan ve tanrıların düşsel kızgınlığından ve cezasından korkma duygusundan da arınmış olmalıdır (ruhbilimsel açıdan insanın aşırıya kaçmasının nedeni, Epikuros'a göre ölüm korkusu olabilir).

Epikuros'un kuramları, tanrıların kendi yaşamlarını sürdürdükleri ve dünyamızla hiç bir ilgileri olmadığı, bu yüzden onlara dua etmenin ya da onlardan herhangi bir ödül, ceza beklemenin yararsız olduğunu savunur. Bunun gibi, insan, bir ruhu olmasına karşın, ölümsüzlükle ilgisi olmayan bedensel bir atom bileşiğidir. Bu yüzden insanın, yaşam sonrasında başına geleceklere ilişkin tehditlerden korkmasına gerek yoktur.

Etkisi: Epikuros'un kuramları, Ortaçağ'da hıristiyanlar için aforoz konusuydu; insana verdiği yüce değer ve önerdiği seçkin yaşam biçimi,' tanrıtanımazlık ve hazcılık suçlamaları arasında unutuldu. XVII. yüzyılda, «bilimsel» çağın başlangıç döneminde, özellikle İngiltere'de, hareket sorunu ve doğal olayların açıklanmasıyla ilgilenen «mekanist» filozoflar, Epikuros'un atomcu kuramına ve düşüncelerine ilgi duydular. XVIII. yüzyılda bir duraklamadan sonra, XIX. yüzyılda maddeci düşünürlerin Epikuros hayranlığı başladı. John Stuart Mill, yararcılıkla ilgili düşüncelerine Epikuros'ta destek buldu; Karl Marx ise doktora tezini 1841'de Epikuros konusunda hazırladı.

ERGONOMİK BİÇİMLENDİRME

Ergonomik biçimlendirme, tüketim mallarına, endüstri işlemlerine ve yapılara, bunların en az çabayla kullanılmasını sağlayacak bir biçim verilmesidir. Ergonomik biçimlendirmenin en önemli yanı, insan eğilimlerinin hesaba katılmasıdır.

Yüzyıllar önce insanlar, evlerini ve gereçlerini kendileri yaparlarken, atalarından gördükleri yöntemleri korurlardı. Bu yüzden, günlük araç gereçlerin biçimi, zamanla en yararlı ve güzel hali alırdı. Sözgelimi, bazı mobilyalara, ateşli silahlara ve çalgılara birer sanat yapıtı sayılacak kadar güzel biçimler verilmiştir. Günümüzde ise, teknolojinin günden güne hızlanan gelişmesi ve işçiliğin dar uzmanlık alanlarına yönelmesi sonucu, kullandığımız araçların çoğunun başkaları tarafından yapılıp biçimlendirilmesi gerekmektedir. Bu da, söz konusu gereçlere biçim verenlerin, yaşam niteliğini geniş ölçüde etkilediklerini dolayısıyla de işlerini iyi yapmak zorunda olduklarını gösterir. İyi biçimlendirme, bir aracın daha uzun, daha verimli ve daha rahat kullanılması anlamına gelir.

Ergonominin tarihçesi: XX. yüzyılın başlarında, birçok ülkenin yöneticisi, endüstride sağlık konusunda araştırma yapan kurumlar oluşturma gereğini duydu. Aynı yıllarda A.B.D 'nde, F.W. Taylor ile Henry FORD, endüstri işlemlerini daha verimli kılma amacıyla incelemelere başladılar. Bu incelemeler, «SEVK VE İDARE» adı verilen bilim dalının kurulmasını sağ-

İlk daktilo makinalarında, makinanın hareket hızı, yazı hızını kısıtladığından, klavyeler buna göre yapılırdı. Günümüzde çok daha hızlı makinalar geliştirilmiş ve klavyeler değiştirilmiştir. En çok kullanılan harfler, en kolay erişilen yerlere yerleştirilmiştir. Böylece yorgunluk ve yanlış yazma oranı azalmış, % 35 oranında daha yüksek yazma hızı sağlanmıştır.
Üstteki resimde standart QWERTY klavyesi alttaki resimde ise DSK (Yalınlaştırılmış Dvorak) klavyesi görülmektedir.

Sakatlar için hazırlanmış bir yemek takımı. (üstte)

ladı. Taylor ve izleyicileri, endüstri alanındaki çalışmaların ruhbilimsel yönüne pek önem vermediler. Onların düşüncesine göre, fabrika işçilerinin daha çok çalışması, ücretlerin artırılmasıyla (ücret artışı, işçinin ürettiği malı satın almasını sağlama ilkesine göre yapılacaktı) ödüllendirilmeliydi. Ne var ki, işverenlerin, ücretleri artırmadan verimi yükseltmek (ve giderleri azaltmak) istemeleri, bu düşüncenin gerçekleşmesini baltaladı. Gene de endüstri ile sevk ve idare araştırmacıları, zaman zaman ruhbilimcilere, mimarlara ve başka meslekten kişilere danışma gereğini duymaya ve çalışma koşullarının işçinin ruhsal durumunda yarattığı önemli etkiyi anlamaya başladılar. Çünkü, ruhsal doyum, işçinin verimini, hastalığını, işe gelmemesini ve daha başka birçok etmeni etkiliyordu.

Günümüzde «ergonomi» adı verilen bu araştırma ve çalışmalar, 1930 yıllarında dünyayı saran ekonomik bunalım sırasında pek ilgi görmedi; ama İkinci Dünya savaşı yıllarında yeniden gelişmeye başladı. Savaşın ergonomi üstündeki etkisini, eski otomobilleri yeni uçaklarla karşılaştırarak görebiliriz.

İlk otomobiller gürültülü ve sık sık bozulan araçlardı. Sürücü ve yolcuları aşırı ölçüde sarsar, hava koşullarından yeterince korumazlardı. Bu otomobiller, yapımcının isteğine göre biçimlendirilirdi. Bazen fren pedalı, sürücünün oturduğu yerin dışında yeralır ve sürücünün dışarı uzanması gerekirdi. Ancak bu araçlar hızlı gitmezdi ve sayıları çok az olduğundan sürücüleri, yeni bir buluşu kullanabildikleri için kıvanç duyarlardı.

Oysa, İkinci Dünya savaşı sırasında pilotlar, rahatsız bir durumda, büyük tehlikeler içinde, saatte yüzlerce kilometre hızla, çok uzaklara uçmak zorundaydı. Bu yüzden oturacakları koltuklar, bu sıkışık ortamda olabildiğince rahat etmelerini sağlayacak biçimde yapılmalı, göstergelerin bir bakışta okunabilecek bir yere yerleştirilmesine, yüksek uçuş yapan uçaklarda oksijen maskesi gibi yaşamsal önem taşıyan gereçlerin uygun yerlere konulmasına ve kullanışlı olmasına özen gösterilmeliydi. Bu, harcamaların, yapım kolaylığının,

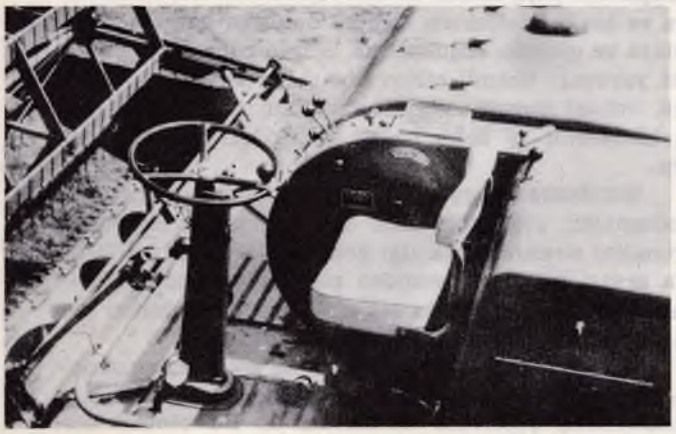
---

Resimde yeni geliştirilen küçük tekerlekli bisikletlerden ilki görülmektedir. (solda üstte) Bu araç daha hafif olmasına karşılık, daha sağlamdır. Ağırlık merkezi aşağıda olduğundan, ağır yükleri taşıyabilir. Yaylanabilir ve her boydan insanı taşıyacak biçimde ayarlanabilir.

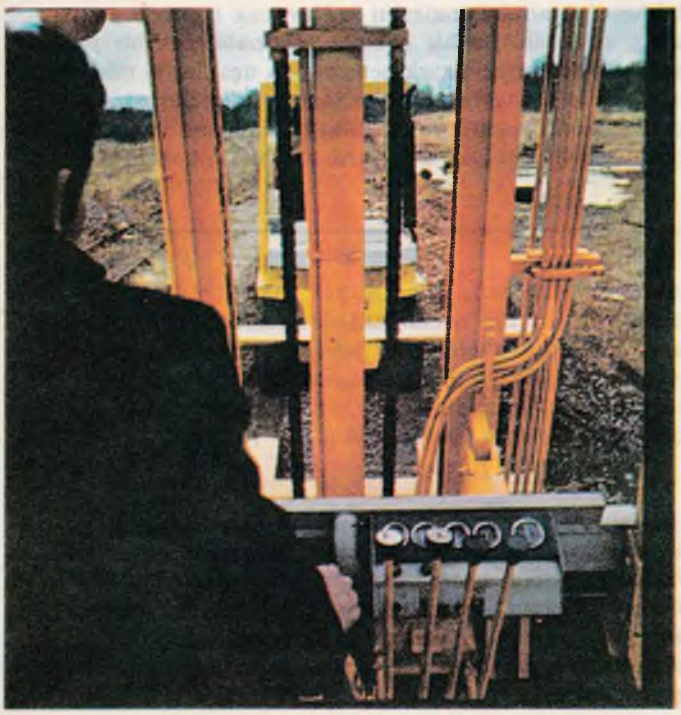
Resimdeki traktörde (solda altta), bazı kumanda kolları yanlış yerleştirildiğinden, sürücünün bunları kullanmak için dışarı uzanması gerekmektedir. Bu işlem, gereksiz yorgunluğa yolaçar. Ayrıca, hareket sırasında sürücü bu kolları kullanırken, araç denetimden çıkabilir. İlk tarım araçlarında, oturacak yerler de çok sert olurdu.

hammadde olanaklarının ve daha birçok başka etmenin yanında, insanın da göz önüne alınması gerektiğini göstermekteydi. Ayrıca gemi, uçak ve başka savaş araçlarının en güçlü toplu üretim yöntemleriyle, çok sayıda yapılması gerekiyordu. Savaş yıllarında bir ulusun varlığını koruması, kullandığı savaş araçlarının biçimine ve işçiler ile askerlerin ruhsal durumuna bağlı olabilirdi.

Ergonomi sözcüğü 1949'da ortaya atıldı. Yunanca kökenli olan bu sözcük, işin, doğa yasalarıyla birleştirilmesi anlamına gelir. Ergonomik biçimlendirme, fizik, biyoloji, ruhbilim, antropoloji, mimari ve daha birçok başka meslekte yapılan deney ve buluşları, bunların hiç birine gereğinden çok önem vermeden birleştirir.«*Biyoteknoloji*» adı da verilen ergonomik biçimlendirme, mühendislik ruhbiliminin bir bölümüdür. Bazı malların halkın satın almasını sağlama amacıyla gereksiz özellikler taşıması örneğinde görüldüğü gibi, mühendislik ruhbilimi de kötüye kullanılabilir. Buna karşılık, ergonomik biçimlendirme açısından iyi yapılmış bir ürünün estetik değeri, bunu kullanacak olan kişilerin görüşlerine göre belirlenir.



Bu biçerdöverde arkalıklı rahat koltuklar tam yerinde, bütün kumanda kolları da sürücünün kolayca erişebileceği yerde bulunmaktadır. (üstte) Sürücü bunları, gözlerini işinden ayırmadan kullanabilir. Resimdeki (altta), çatallı istifleyicinin kumanda kolları da iyi düşünülmüş ve yerleştirilmiştir. Kolların üstündeki tutamaçlarda yeralan resimler, acemi ya da okuma yazması olmayan sürücülerin bile bunların ne işe yaradıklarını anlamalarını sağlar.



İkinci Dünya savaşını izleyen yıllarda ergonomik biçimlendirme kavramı, tüketim mallarını, ev eşyalarını ve daha birçok alanı kapsayacak biçimde genişlemiştir. Ergonomik biçimlendirmenin çeşitli yönlerini incelemek için, bu yönleri ayrı ayrı göz önüne almak yerinde olur.

Duyular: Duyulara aşırı yüklenmenin, önemli gerginliklere yolaçtığı gösterilmiştir. İşitme, görme ve öteki duyu organları, sinir sisteminin birer girişidir. Bu girişler aşırı yüklendiği zaman, insan, aşırı duyarlı ve sinirli olur; dikkatini toplayamaz.

Çevre gürültüsü sorunu, günümüz dünyasında günden güne daha büyük önem kazanmaktadır. Birçok ülkede, kamu alanlarında gürültüyü kısıtlayan yasalar çıkarılmaktadır. İşverenler de, gürültülü yerlerde çalışan işçilere kulaklık vererek onları korumak zorundadır. Aşırı gürültü, kulakzarını patlatabilir; ama işitme bozukluklarına daha çok, sürekli gürültü içinde yaşama sonucu, iç kulağın duyarlığını giderek yitirmesi neden olur. Duyarlığını yitiren işitme bölgesi, buna yolaçan sesin frekansını alan bölgedir. Askerlik eğitimi sırasında uzun süre tüfek atışları içinde kaldıklarından, işitme yetilerini kısmen yitiren birçok kişi vardır.

İşitme fizyolojisinin çok araştırılmış bir konu olmasına karşılık, gürültünün yolaçtığı ruhsal baskı yeterince incelenmemiştir. Mimari yapıları ve tüketim mallarını biçimlendiren uzmanların, bu sorunun da üstesinden gelmesi gerekir. Mobilyalar, halılar ve perdeler gürültü soğurabilir. Duvarlar da, gürültünün aşağı yukarı tümünü soğuracak biçimde yapılabilir. Ancak, gürültünün bütünüyle yok edilmesi de istenen bir durum değildir. Sessizliğin dikkat çekmemesi için, çok hafif de olsa, sese gerek vardır.

Gürültüyü denetlemek çoğunlukla ergonomik biçimlendiricilerin elinde değildir. Basınçlı havayla çalışan çok sessiz beton deliciler yapılabilir; ama sessiz aygıtlar daha pahalı olduğundan, belediyelerin bunları satın almasını sağlamak kolay değildir. Otomobillerin egzoz sistemlerinde olduğu gibi, bazı alanlarda gürültünün azaltılması, sağduyu ve bakıma bağlıdır. Gereksiz gürültü oluşmasını önlemek olanaklıdır. Sözgelimi, elektrik motoru ya da dişli kutusu, makinadaki içi boş bir bölümün üstüne yerleştirilmez; çünkü bu boşluk, gürültüyü büyütür. Boşluk, köpük gibi ses geçirmeyen bir maddeyle doldurulursa, gürültüyü soğurur. Ayrıca, makina parçalarının arasına las-

tik yalıtıcılar da yerleştirilebilir.

Ses aygıtları tasarımcıları, aygıtın frekans bandının olabildiğince geniş olmasını ve aşırı ses dalgalanmaları içermemesini sağlamaya çalışırlar. Yoksa kulak, hiç durmadan kendini değişen seslere göre ayarladığından çabuk yorulur ve dinleyici, belki de rahatsızlığının *dinleme yorgunluğundan* doğduğunun farkına bile varmadan, radyoyu ya da pikabı kapatır.

Ergonomik biçimlendirme yönünden, üstünde en çok değişiklik yapılabilecek olan duyu, görme duyusudur. Bir odada ilk bakışta yeterli görünen ışık, aslında gereğinden çok ya da az ise, göze rahatsızlık verebilir. Aşırı ışık, oda içindeki çeşitli eşyalardan yansıyarak daha da artar. Işığın titreşmesi, bu titreme kolayca anlaşılacak düzeyde olmasa bile, ruhsal gerginliğe ve dikkati toplama zorluğuna yolaçar. Çıplak ampulle aydınlatılan odalarda yaşayanların bunalım geçirdiği görülmüştür.

Ergonomik ışıklandırma açısından alınacak tek önlem, ışık şiddetini ölçmek değildir. Evde ve işte verimi artırmak için, daha birçok etmenin göz önüne alınması gerekir. Bir odanın aydınlığı, odanın biçimine, büyüklüğüne, duvarların rengine ve pencereler

---

Henry Dreyfuss'un ergonomi verilerine göre çizilmiş bu çizimlerde, daktilo başında oturan bir kadın, otomobilde bir adam ve mutfakta bir kadın görülmektedir. Biçimlendiricilerin, bu tür araç ve gereçlerin tasarımlarını yaparken neleri göz önüne aldıklarının kolayca anlaşılabilmesi için, özgün çizimler burada biraz yalınlaştırılmıştır.

ile ışıkların yerlerine de bağlıdır. Boyalı yüzeyler mat tutularak, parlamalar bir dereceye kadar önlenebilir. Kontrast da yeterli olmalıdır. Sözgelimi, bir makina işleticisinin önündeki denetim tablosu ya da öğrencinin elindeki kitap, çevreden daha aydınlık olmalıdır, yoksa dikkat dağıtır. Öte yandan, ışığın çoğunu engelleyen bir abajur da gereğinden çok kontrast verir. İş ya da oyun için ışıklandırma yapılırken, hesaba katılması gereken öteki alanlar şunlardır: Görüş alanının sürekliliği; sık sık bakılması gereken cisimlerin yerleştirilmesi; halkta raslanan renk görme kusurlarının sıklığı.

Deri ve kaslar duyarlı organlardır. İyi biçimlendirilmemiş mobilyalardan, araçların yerleştirilmesindeki yetersizlikten, dengesiz el aletlerinden, aşırı sıcaklık ile nemden ve daha birçok etmenden kolayca etkilenirler. Bir makina işleticisinin herhangi bir makinayı «rahat» bulması, makina ile denetim kol ve düğmelerinin iyi düzenlenmiş olduğunu gösterir. Kumanda kol ve düğmeleri, makinistin gözünü işinden ayırmadan kullanabileceği biçimde yerleştirilmelidir. Sözgelimi, bir vinç kabinindeki hareket kolu, hangi yana itilirse, vincin ucu da o yana doğru hareket etmelidir. Alet ya da makina, kumanda kolunun hareketine hemen uymalıdır. Mutfakta ise, ergonomik biçimlendirme, lavabo ile tezgâhların en uygun yere yerleştirilmesi ve yemek hazırlanırken izlenen işlemlerin sırasının düşünülmesi anlamına gelir. Tezgâhların normalden daha yüksek ya da alçak olması, sırt ağrılarına yolaçar.

Bir öğrenci ya da büro memuru için, sandalye çok önemlidir. İyi mobilyaların biçimlendirilmesinde, anatomi kuralları göz önüne alınır. Koltuğun oturulacak ve yaslanılacak bölümlerine, gerekli desteği sağlayacak biçim verilmeli, oturulacak bölüm, ne yüksek ne de alçak olmalıdır. Yoksa oturan kişi, ayaklarını yere basmada zorluk çeker. Büro koltuklarının ve piyano iskemlelerinin ayarlanabilir biçimde yapılmasının nedeni budur.

İnsanlar koku ve tat alma duyularını, zararlı etkilerden, öteki duyularına oranla daha kolay korurlar. Ancak, günümüzde bu işlerle uğraşanlar, kötü etki uyandıracak kimyasal maddeler kullanmaktan kaçınır ya da bunlara hoş kokulu maddeler katarlar. Koku duyusunun bu yönde kullanılmasına en iyi örnek, aslında kokusuz olan doğal gazın içine katılan özel kokudur. Böylece kaçaklar, kolayca saptanır.

Ergonomik tasarımcıların karşılaşabilecekleri beklenmedik durumlara örnek olarak, otomobil camlarında renkli cam kullanılması gösterilebilir. Yapımcılar araçları donuk renklere boyamadıkları için, motor kaputundan yansıyan ışık, gözleri kamaştırabilir. Geceleri karşıdan uzun ışıklarını yakarak gelen otomobillerin de ne kadar büyük bir sorun yarattığını herkes bilir. Ne var ki, bu soruna çare bulma amacıyla kullanılan renkli ya da filtreli cam türlerinin, tehlikeli bir yan etkisi vardır: Gece, görüşü azaltırlar. Ergonomi sorunlarının çözümü, her zaman ilk anda görüldüğü kadar yalın değildir. Bunların yan etkilerinin de göz önüne alınması gerekir.

Mimari yapılar: Yapı planları hazırlanırken, insan davranışlarını etkileyecek bütün etmenlerin hesaba katılması gerekir. Herhangi bir işyerine giren kişi, yapının planından çeşitli biçimlerde etkilenir: Odanın büyüklüğü; biçimi; duvarların rengi; içerdeki gürültü; başvurulacak kişinin yanına gitmek için aşılması gereken uzaklık. Yapı sahipleri genellikle mimardan, şirkete gelenlere «hoşgeldin» diyecek bir ortam yaratmasını isterler. Ziyaretçilerin içerde ne kadar kalacaklarını, bir yerin döşenme biçimi belirler. Banka ya da personel bölümlerinde olduğu gibi, odaya sürekli olarak birçok kişi girip çıkıyorsa, odanın ve mobilyaların biçimi, en hızlı geçişi sağlayacak biçimde tasarlanmalıdır. Pahalı bir lokanta, içerdekilerin kendilerini rahat hissedecekleri biçimde, iş yerleri çevresindeki bir lokanta ise, müşterilerin masa başında uzun süre oyalanmasına fırsat vermeyecek biçimde düzenlenebilir. Böylece, daha çok kişinin yemek yemesi olanağı sağlanır.

Ergonominin en iyi bilinen uygulama alanı, konut tasarımıdır. Apartman katlarında odalar, genellikle uzun bir koridor boyunca sıralanır. Bu odaları kullananlar, koridor boyunca gidip gelirken zaman yitirdiklerinden, odaların, ortada yeralan bir hol çevresine dağıldığı bir eve oranla birbirlerinden daha uzak olduğunu düşünürler. İnsanların kendilerini varlıklı ya da yoksul saymasında, çevre koşulları önemli rol oynar. Sözgelimi, toplu konutlarla ilgili bir araştırmada, bir koridora açılan kapı sayısı ile burada oturanlar arasındaki suç oranının doğru orantılı olduğu gösterilmiştir. Koridora, çok sayıda kapının açılması, burada oturan düşük gelirlilerin, bir konutta değil de bir hücre bloğunda yaşadıkları duygusuna kapılmasına neden olur. Bu tür duygular insanların, farkında olmaksızın o yönde davranmasına yolaçar.

Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilen bir toplu konut tasarısının, bu alandaki uygulamaların en moderni olduğu sanılmıştı. Kullanılan malzeme, en az bakım gerektiren türdendi. Ancak burada oturanlar, çevrelerini denetleme olanakları bulunmadığı ve yapıların kişilerden daha önemli olduğu izlenimini bırakan katı, itici yüzeyler arasında kaldıkları duygusuna kapıldılar. Pencerelerin hiç biri, annelerin, dışarda oynayan çocuklarını görmelerine olanak vermediğinden, yapıların çevresindeki açık alanlar, serserilere ve çapulculara kaldı. Bahçeler, burada oturanların yaz akşamları bir araya gelip sohbet edecekleri biçimde yapılmıştı. Düş kırıklığına uğrayan kat sahipleri, yapıların, birkaç ay içinde düzensiz bir görünüm almasına yolaçtı. Bu, insan eğilimleri göz önüne alınmadan yapılan planların başarısız sonuçlar vereceğini gösteren güzel bir örnektir.

ERİME Bk. MADDE (özellikleri)

EROZYON DENETİMİ Bk. TOPRAK AŞINMASI DENETİMİ

ESÎR

Esir, fiziğin en eski kavramlarından biridir. İlk doğa düşünürleri, maddesel ortamda olduğu kadar boşlukta da bulunan, ağırlıksız ve gözle görülmeyen bir öğenin var olduğunu savunurlardı. «Esîr» adı verilen bu öğe, Yunan düşünürlerince beşinci element olarak kabul edilmişti (öteki dört element, toprak, su, hava ve ateşti).

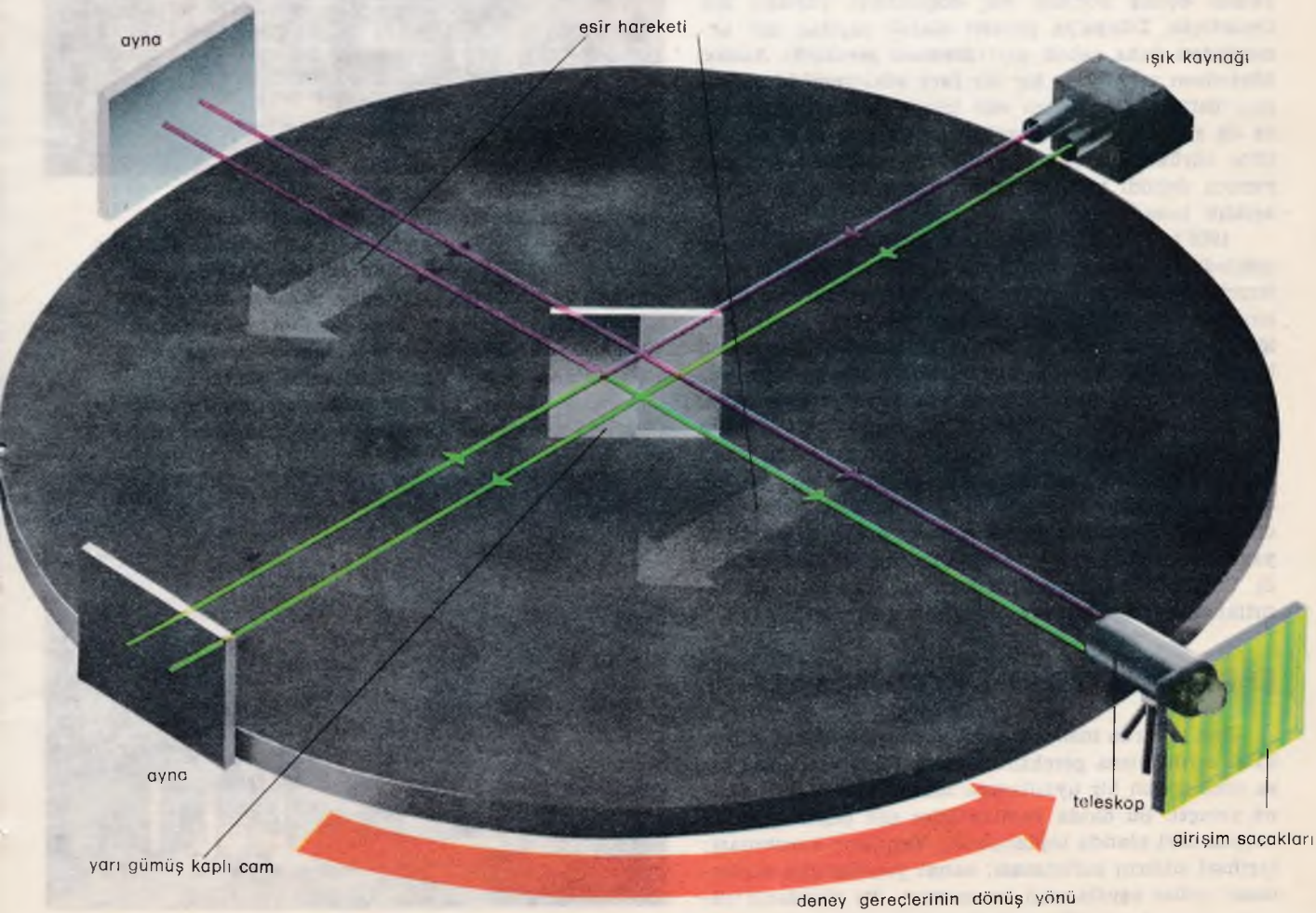
Böyle bir ortamın varlığı, hem felsefe, hem de fizik alanında savunulmaktaydı. Gerçek boşluğun algılanamayacağı, dolayısıyle varlığından söz edilemeyeceği, bu yüzden vakum içinde bile, boşluğu dolduran bir maddenin bulunması gerektiği söyleniyordu. Esîr adı verilen bu maddenin, katı cisimlerin içine bile işlediği düşünülerek, çok seyrek olduğu sonucuna varılmıştı.

Büyük fizikçi Descartes ve NEWTON, esîr kavramını geliştirerek, «uzaktan etki» sağlayan olayları da bununla açıkladılar. Descartes, Güneş'ten yayılan ısı ve ışığın, Dünya'ya ulaşmadan önce uzay boşluğunu geçmesi gerektiğini anladı ve tıpkı sesin hava ortamında yayılması gibi, bu ışınımların da Dünya'ya gelmesi için bir ortama gerek olduğunu düşündü. Newton'un çekim yasası, iki kütlenin vakumda bile birbirini çektiği gerçeğini ortaya koydu. Ancak, çekim kuvvetinin iletimi için, iki kütle arasında bir aracı madde bulunması gerektiği düşünüldü. Esîrin özellikleri böylece ısı, ışık ve çekim kuvvetini kapsayacak biçimde genişletildi.

XIX. yüzyılın başlarında girişim ve KIRINMA gibi optik olayların bulunması, ışığın dalga kuramının gelişmesine yolaçtı. Işığın POLARILMA'sına ilişkin buluş da, ışık dalgalarının enine dalga olduğu, yani

---

Dünya'nın esîre göre yer değiştirdiğini kanıtlamak için, 1887'de düzenlenen ünlü Michelson-Morley deneyi. Yarı gümüş kaplı bir aynaya, bir ışık demeti gönderilir. Işığın yarısı aynayı geçer, yarısı da dik açıyla yansır. İki ışık demeti de gerideki başka bir aynaya yansıtılarak, karanlık ve aydınlık girişim saçakları elde edilir. Aygıt 90° döndürülürse, o zaman esîr hareketinin doğrultusu ışık yoluna göre değişecek ve ışık demetinin bu yolu almasında geçecek zaman farkı, girişim saçaklarındaki kaymayla kendini belli edecekti. Ancak, deneyin gelişmiş aygıtlarla yürütülmesine karşın, girişim saçaklarında hiç bir kayma gözlenmedi. Böylece esîr varsayımı ortadan kalktı.



ışık dalgası ilerlerken esîrin ileri geri değil, yanlara doğru hareket ettiği sonucunun çıkarılmasına neden oldu. Oysa, dalgaboyu milimetrenin binde biri kadar olan bir enine dalganın, ışık hızıyla hareket etmesi için, bunun yayıldığı ortamın seyrek değil, tersine 1 000 ton/mm³ yoğunluklu katı bir kütle olması gerekir.

MAXWELL'in elektromagnetik kuramında ışığın ve bütün ELEKROMAGNETİK IŞINIM'ın açıklaması yapılırken, bu olayların eşzamanlı elektrik ve magnetik dalgalarla oluştuğu vurgulanıyordu. Maxwell, getirdiği denklemlerle ışık hızını hesapladı. Doğal olarak, ışığın hareketsiz bir esîre göre bu hızla yayıldığı düşünüldü ve Dünya, Güneş çevresinde dönerken, ölçüm yapılan doğrultuya göre ışık hızının değişeceği ileri sürüldü.

1887'de, A.B.D'nde iki bilim adamı Michelson ve Morley, Dünya'nın esîre göre yer değiştirip değiştirmediğini ortaya koymak için bir deney yaptılar: Birbirine dik iki yönde birer ışık demeti oluşturuldu. Eşit uzaklığa yerleştirilmiş iki aynadan, bu ışık demetleri gözlemcilere geri yansıtıldı. Böylece, ışığın bu iki yolu almasında ortaya çıkacak herhangi bir zaman farkı, gözlemcilerce ölçülebilecekti. Dünya'nın esîr içinde döndüğü düşüncesi doğru olsaydı, Dünya'nın dönüş yönüne dik doğrultuda yayılan ışık demetinin, Dünya'ya paralel olarak yayılan ışık demetinden daha çabuk geri dönmesi gerekirdi. Ancak, Michelson ve Morley hiç bir fark gözleyemediler. Bunun üstüne, Dünya'nın esîr içinde hareket etmediği, ya da yörüngesinde dönerken bir miktar esîri de birlikte sürüklediği öne sürüldü. Bu açıklama pek doyurucu değildi ve 1905 yılına kadar deney sonuçları açıklık kazanamadı.

1905'te EİNSTEİN,«özel GÖRECELİK» kuramını yayımladı: Herhangi bir hızla hareket eden bir gözlemci, ışığın hızını, Maxwell denklemlerinde öngörülen biçimde ölçebilirdi. Kuram böylece, ışığın esîr içinde yayılmadığını ve esîri kanıtlamak için girişilen bütün deneylerin, tıpkı Michelson ve Morley'inki gibi, başarısızlığa uğrayacağını ortaya koymaktaydı. Aynı yıl Einstein, Max PLANCK'ın özgün KUVANTUM KURAMI'nı genişletti ve ışığın, hem dalga hareketi hem de tanecik özelliği gösteren kuvantum ya da enerji paketleri halinde yayıldığını açıkladı. Işığın taneciklerden oluşan bir varlık olması, dalga hareketinin yayılmasını sağlayan esîr düşüncesini ortadan kaldırdı. Böylece Einstein, esîrin hem gereksiz, hem de kanıtlanamayacak bir sav olduğunu gösterdi.

ESKİ YAPITLARIN KORUNMASI

Son yıllarda insanoğlunun geçmişine ilişkin kalıntıları canlı tutma gereksinimi, genellikle «koruma» diye sözü edilen bir uygulamalı bilim dalının gelişmesine yolaçtı. Bu dalda yapılan işler çok çeşitlidir, ama başlıca dört alanda toplanabilir: Yapıların korunması; tarihsel sitlerin korunması; sanat yapıtlarının korunması; müze eşyalarının korunması. Bu alanların tü-

Bir tahta süslemenin onarılması, genellikle özgün çizimlere bakılarak ya da benzer parçalar kopya edilerek, yeniden yapılması anlamına gelir. Resimde, XIV. yüzyılda yapılmış Winchester College'ın kemeri için yeni bir parça oyan bir sanatçı görülmektedir. (üstte)

Oxford'daki Sheldonian tiyatrosu 1669'da Sir Christopher Wren tarafından tamamlanmış olan bir yapıdır. Taşları çabuk aşındığından, 1838'de üstü yeniden kaplanmıştı. Sonradan yapının öteki bölümleri de kaplandı. Eski ve yeni durumlarını gösteren resimlerden, yapılan onarım açıkça anlaşılabilir. Bahçe duvarı boyunca dizilmiş imparator büstleri XIX. yüzyılda yapılmış kopyalardır. Günümüzde bunlar yeniden değiştirilmiştir. (üstte ve altta)

Değerli tablolar uzmanlarca onarılır. Resimde (üstte) görülen onarımcı, Yunan ikonaları konusunda uzmanlaşmıştır. Yapıtın zarar görmemiş bölümlerine dokunulmaz. Kullanılan renkler piyasadaki boyalar değil, doğal maddelerden elde edilmiş boyalardır.

Eski bir Mısır balta ucunun, koruma işleminden önceki ve sonraki görünümleri. (üstte) İşlemden önce, baltanın fiberglastan bir örneği çıkarılarak, aşınmış tabakadaki doku izleri belgelenmiştir. Pasın giderilmesiyle, o zamanın hükümdarının mührü ortaya çıkarılmıştır.

münde, onarılan yapıtın olabildiğince özgün durumunda bırakılması, korumak ya da görünüşü düzeltmek için yapılması zorunlu olan ekleme ya da değişikliklerin, açıkça görülebilecek biçimde yapılması gerekir.

Sözgelimi, bir yapının korunması için yeni bir çatı yapmak gerektiğinde, kullanılan yeni malzemeyi «eskileştirme» yolunda hiç bir girişimde bulunulmaz. Tıpkı bunun gibi, bir yağlı boya resmin bozulmuş yüzeyi onarılıp renklendirilerek, estetik niteliği korunabilir; ama yapılan onarım, özgün resmin bir parçası gibi gösterilmez.

Yapılar: Yapıları koruma çalışmaları, genellikle mimarlarca yürütülür. Ne var ki, günümüzde mimarlık eğitimi, büyük ölçüde beton, çelik, bölme tahtaları gibi modern malzemelerle yapılan işlere dayandığı için, koruyucular, ayrıca bir eğitimden geçip, geçmişteki yapım yöntemlerini öğrenmek zorundadır. Korunması gerekli birçok yapı, yalnızca bakımsızlık yüzünden bozulmuştur ve onarılması oldukça kolaydır; ama yıllar boyunca değişiklikler ve eklemelerle bozulmuş olanlar da vardır. Bunlar, aynı türden başka yapılara, çağdaşı resim ya da betimlemelere, mimarın özgün tasarımlarına başvurulup onarılarak, aşağı yukarı ilk durumlarına getirilebilir.

Kötü çevre koşulları, bazen yapıların hızla eskimesine neden olur. Sözgelimi, Oxford'da kış boyunca nem oranının yüksek olması ve havanın kükürt dioksitle kirlenmesi, o yörede çıkarılıp birçok üniversite yapısında kullanılan kireçtaşının hızla bozulmasına yolaçmıştır. Bu yapılar, deney sonucu çevre koşullarına dayanıklı olduğu anlaşılan bir taşla, yeniden kaplanmıştır. Atina'daki Akropolis de, benzer çevre koşulları yüzünden aşınmaktadır. Akropolis'ten getirilip British Museum'a (İngiltere) yerleştirilmiş olan Elgin mermerlerinin, Akropolis'teki aynı tür heykellerden çok daha iyi bir durumda olduğu gözden kaçmamaktadır. Mermer yüzeyinin, bazı kimyasal işlemlerle daha zor çözülür duruma getirilebileceği belirtilmişse de, bu soruna henüz doyurucu bir çözüm bulunamamıştır.

Çökme de sık sık sorun yaratır. Sözgelimi, Winchester'daki (İngiltere) bir katedralin temelleri, üstüne kurulmuş olduğu batak toprağın kuruması sonucu çatlamış, ama temelin alttan çimentoyla desteklenmesiyle yapı kurtarılmıştır. Kentin kurulmuş olduğu adaların, yapısal değişim sonucu giderek denize battığı Venedik'te ise, sorun çok daha farklı bir boyuttadır. Belki de son çözüm, kent çevresine çevirme bentlerinin kurulması ve içerdeki suyun sürekli pompalamayla azaltılması olacaktır.

Tarihsel sitler: Tarihsel sitler de değişen çevre koşullarından etkilenebilir. XX. yüzyılın başında yapılan kazılarla ortaya çıkarılmış bir Tarihöncesi kenti olan Mohenco-Daro'da taban suyu düzeyinin (yeraltı suyunun yüzeyi) yükselmesi, yapımında kullanılmış olan tuğlalar yoluyla suyun yukarı çıkmasına yolaçtı. Bu suyun yapı yüzeyinden buharlaşması, kalın bir tuz tabakasının birikip sürekli çözülmesine neden oldu. Bu durumda önerilecek çözüm, yöre çev-

Mısır'da İ.Ö. 1250'lerde yapılmış olan Ebu Simbel tapınakları, Asuan barajı arkasında yükselen suların altında kalacaktı. Uluslararası bir işbirliğiyle, dev heykeller yerlerinden kaldırılıp, daha yukarlarda yeniden yapıldı. Ama, tapınağın iç bölümünün su altında kalması önlenemedi.

resinde birkaç kuyu açıp, su düzeyini alçaltmak için sürekli pompalamaktır.

Ancak, tarihsel sitlerde çok daha sık raslanan bir tehlike, normal hava koşullarının yolaçtığı aşınmadır. Bu amaçla uygulanan koruma yöntemlerinden biri, İtalya'daki Romalılardan kalma bir villada yapıldığı gibi, genellikle saydam plastikten bir çatı ya da kubbe yapmaktır. Yalnızca temellerin ayakta kaldığı durumlarda, yapıyı yeniden «inşa etme» yoluna gidilebilir. Bir örneğine Williamsburg'da (A.B.D.) raslanan bu uygulama, temellerin korunmasını sağlar. Bir başka çözüm de, korunacak anıtın, yeni bir yere taşınmasıdır. Assuan barajının sularına gömülme tehlikesiyle karşı karşıya bulunan Ebu Simbel tapınağının kayalardan oyulmuş yüzü, bu biçimde kurtarılmıştır. Aynı yöntemin daha küçük çapta bir başka uygulaması da, Londra'da yeni bir yolun üstüne raslayan Mithras tapınağının, başka bir yerde yeniden inşa edilmesidir. Bu tür işlemler, korumanın temel ilkelerine aykırıdır ve planlamacıları rahatlatan geçici önlemler olarak nitelendirilmektedir.

Sanat yapıtları: Günümüzde, büyük sanat galerilerinin çoğunda koruma çalışmalarının yürütüldüğü stüdyolar vardır. Resimler çeşitli nedenlerle bozulur. Ressamın kullandığı boya, kalıcı olmayabilir, hava kirlenmesinden etkilenebilir ya da fazla ışık yüzünden solabilir. Boyanın altındaki tahta ya da tuval, çok kuruyarak küçülebileceği gibi, nemli ortamlarda şişme ya da küflenme yapabilir. Bu fiziksel değişiklikler, boya tabakasının çatlamasına, soyulmasına yolaçar. Tuval, eskime yüzünden de çürüyebilir. Vernik, zamanla koyulaşarak alttaki boya tabakasının görülmesini engelleyebilir. Resim koruyucusu (Bk. TABLO RESTORASYONU), iki ana alanda çalışır: Resimlerin sergilendiği ya da saklandığı çevrelerdeki koşullara dikkat eder; bozulmuş olan resimleri onarmak için uygun yollar bulur. Onarım için kullanılacak malzemelerin resimlere uyup uymayacağını araştırması gerekir.

Günümüzde birçok müzenin, çeşitli sorunlarla uğraşan koruma laboratuvarları vardır. Sözgelimi, bazı koleksiyonların büyük bir bölümü, tahta, tüy ve kumaş gibi kısa süre dayanacak maddelerden yapılmış olabilir. Bu tür nesnelerin dikkatle denetlenen çevrelerde bulundurulması gerekir; çünkü kimyasal etkilere, küfe, böcek ya da güvelerin zararlarına karşı korunmasızdırlar. Morötesi ışık, zamanla hem boyaların solmasına, hem de eşyaların yapımında kullanılan proteinlerin ve selülozun kimyasal yapısının bozulmasına yolaçar.

Kitaplar, çizimler ve arşivler de aynı etkenlerden zarar görebilir. Bu nedenle, birçok kütüphanede de koruma çalışmaları sürdürülür. Özellikle odun hamurundan yapılmış kağıt, ortaya önemli bir sorun çıkarır: İçerdiği asitli maddeler, doğrudan doğruya selüloz iplikçiklerini ayrıştırır. Bazı kağıtları kurtarmanın tek yolu, iki saydam polimer tabakası arasına yerleştirmektir.

Arkeoloji kalıntılarının korunması, genellikle çok zordur; çünkü burada, çürüme süreci sonucu iyice güçsüz ve sürekli çözülme içinde kalmış nesnelerin yok olmasını önlemeye çalışmak gerekmektedir. Sözgelimi, iyice aşınmış bir bronz silahta ilk sorun; onu eski durumuna getirmektir. Bu, genellikle el aletleriyle yapılan çok zor bir iştir. Ancak bu yapıldıktan sonra, kalan metalin aşınması kimyasal yöntemlerle durdurulabilir. Aşınmayı önleme yöntemlerinden biri, eşyayı, alçak basınç altında bir benzotriazol çözeltisi içine batırmaktır. Böylece, metal yüzeyinde bir «edilgen» tabaka oluşur. Alçak basınç, sıvının çatlakların içlerine kadar girmesini sağlamak için gereklidir (Bk. KOROZYON ÖNLEME).

ESNEKLİK

Hiç esneklik göstermeyen bir katı maddenin varlığı düşünülemez. Her cisim, üstüne uygulanan kuvvete, ancak belirli bir ölçüye kadar dayanabilir. Uygulanan cismin özelliklerine bağlı kalma koşuluyla, cismin dayanabilme yeteneği, boyut, biçim ya da hacim değişikliği olarak ortaya çıkar. Uygulanan kuvvet ortadan kalktığında, cisim, yeniden eski büyüklüğünü ve biçimini kazanırsa, esneklikten söz edilebilir.

Bütün katı ve sıvılar, belirli sınırlara kadar esneklik özelliği gösterir. Bu sınıra, *«esneklik sınırı»* denir. Esneklik sınırı aşılırsa, maddenin esneklik özelliği de ortadan kalkar. Katı cisimlerde (büyük bir kuvvet uygulandığında) esneklik sınırı aşıldığı zaman, *«plastik biçim değiştirme»* diye nitelenen ve

cismin kalıcı bir biçim değişikliğine uğradığı yeni bir görünüm ortaya çıkar. Uygulanan bu kuvvet ortadan kalktığında, cisim, artık eski büyüklüğünü ve biçimini kazanamaz. Burada *esnek olmayan* bir davranış söz konusudur. Maddelerin esneklik özellikleri mühendislikte çok önemlidir; köprü ve inşaat projelerinde göz önüne alınması zorunludur.

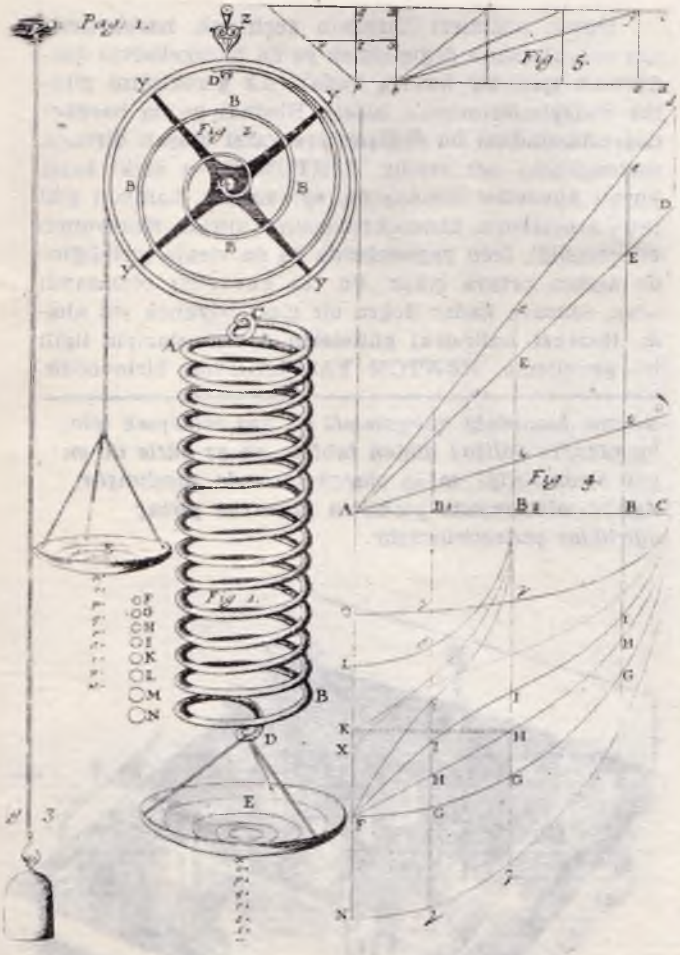
Hooke yasası: Katıların bu özelliklerine ilişkin ilk ciddi araştırmayı, Robert HOOKE (1635-1703) yaptı. Hooke, incelemeleri sonucunda, «Hooke yasası» adı verilen bağıntıyı buldu. Bu yasaya göre, esneklik sınırları içinde katının uzunluğunda oluşan değişme, uygulanan kuvvetle orantılıdır. Başka bir deyişle, *uzama* ile *zorlama* orantılıdır.

Sözgelimi, çelik bir tel, bir ucundan bir çerçeveye bağlanır, öteki ucuna da bir ağırlık asılırsa, telin boyu bir miktar uzar. Ağırlığı iki katına çıkarırsak, uzama da iki kat artar. Bu durum, esneklik sınırına kadar sürer.

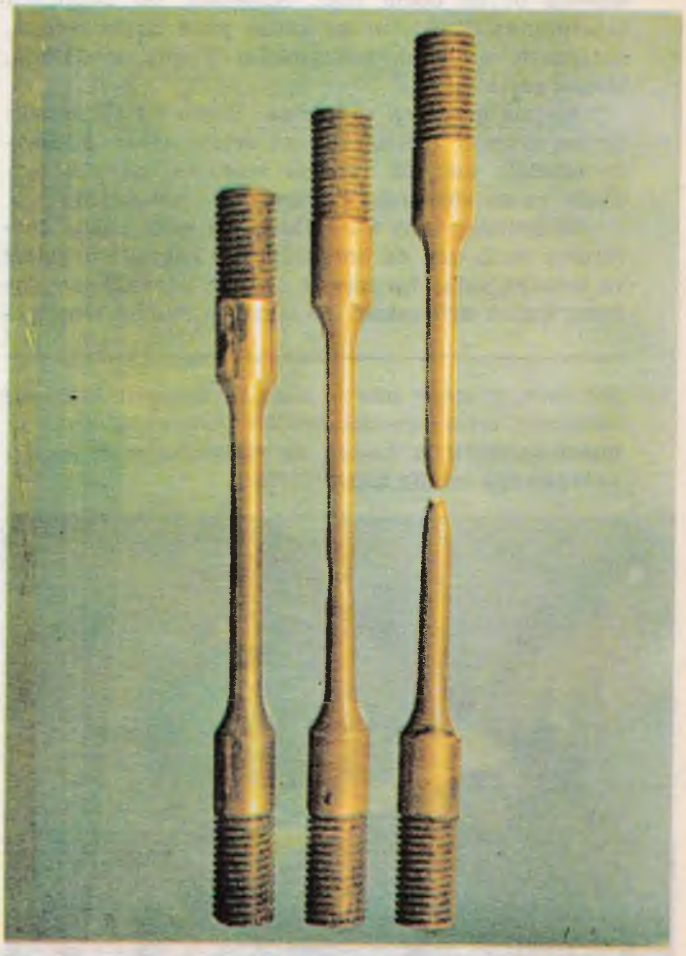
Gerilme, uzama ve esneklik modülü: Uzama ile zorlama orantılı olduğundan, bunların birbirine bölümü değişmez bir değer verir. Ancak bu değer, esneyen malzemenin yalnızca cinsine değil, biçimine de bağlıdır. Bu özellik, her cisim için farklıdır ve bir kurala bağlanması çok güçtür. O yüzden, zorlama yerine *gerilme*, uzama yerine de *birim uzama* («birim biçim değiştirme» ya da «uzama oranı» da denir) kullanılır. Bunların birbirine oranı, gene değişmez bir değer verir (*esneklik modülü*). Ancak, bu kez bulunan değer, cismin biçiminden bağımsızdır ve yalnızca malzemenin özelliğini yansıtır.

Normal gerilme ve normal uzama: Herhangi bir cismin (örneğin bir çubuğun) uzunluğu doğrultusunda bir kuvvet uygulandığında, boyda ortaya çıkan değişimi belirleyen gerilme ve biçim değiştirmeler, gene uygulanan kuvvet yönündedir. Bu durum için özel bir esneklik modülünden, yani *Young modülü*nden söz edilir.

Aynı malzemeden yapılmış, kalınlıkları (kesitleri) farklı iki çelik tel, bir çubuğa bağlanır ve uçlarına eşit ağırlıklar asılırsa, ince olan tel daha fazla uzama gösterir. Bunun nedeni, ince telin kesitinde



Bu çizimler (üstte), 1678'de yayımlanan «De Potentia Restitutiva» (Esnekliğin Gücü) adlı kitaptan alınmıştır. Robert Hooke'un sarmal yaylarla yaptığı deneyleri göstermektedir. Hooke yasası, bu deneyler sonucu bulunmuştur.



Bir maddenin esneklik sınırı aşıldığında ortaya çıkan durum. (üstte) Solda, çubuğun gerilmeden önceki durumu görülmektedir. Çekme zorlamasının uygulanmasıyla, esnek uzama başlar. Ancak, esneklik sınırı aşıldığında, çubuk, incelerek kopar.

birim alana uygulanan kuvvetin, kalın telinkine uygulananından fazla olmasıdır. Kuvvetin, bu kesitin alanına oranına «*gerilme*» denir ve basınç birimleriyle ölçülür: Sözgelimi, her metrekareye uygulanan newton (N/m^2) gibi. Bir cisim çekme etkisi altındaysa, *uzama gerilmesi*nden; sıkışma altındaysa, *basma gerilmesi*nden söz edilir.

Önceki örnekte ele alınan çelik teller, bu kez aynı kalınlıkta, ama değişik boyda seçilirse, uzun olan telde daha çok uzama oluşacaktır. İki durumda da, uzama miktarının asıl uzunluğa oranı aynıdır. Bu orana, «*boyca uzama oranı*» denir ve boydaki görece değişmeyi gösterir. Uzama miktarının asıl uzunluğa oranı, uzama oranını verdiği için, bu oran boyutsuz bir niceliktir.

Bu örnekte (çelik için), çekme gerilmesinin boyca uzama oranına bölümü, Young modülünü verir. Basma gerilmesi ve kısalma oranı için sıkıştırma deneyi yapılırsa, gene aynı oran elde edilir.

Mühendislikte, basma ve çekme zorlamaları etkisi altında çalışacak malzemelerin seçiminde, Young modülü büyük önem taşır. Sözgelimi, bir köprünün tasarımında direklerin ne kadar yüke dayanacağını, dolayısıyle seçilecek malzemenin Young modülünü, bilmek gerekir.

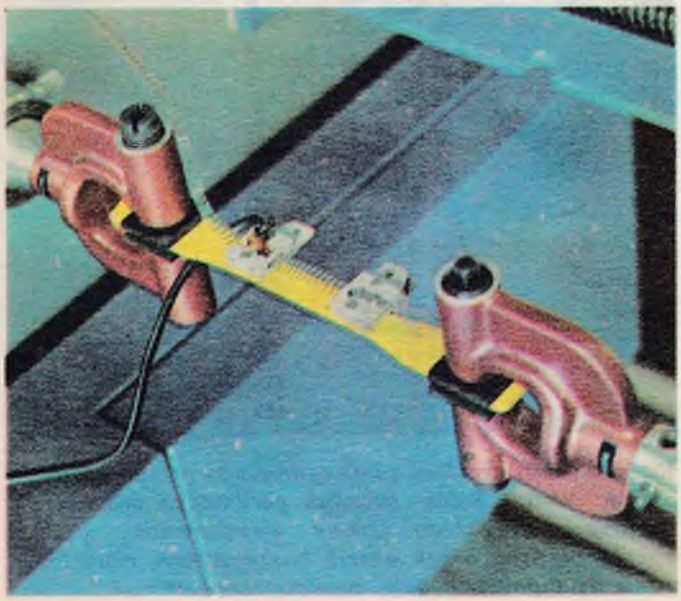
Kayma gerilmesi ve kayma: Başka bir tür esneklik ise cisimler eğildiği zaman ortaya çıkar. Eğilmede esneklik modülü, «*kayma modülü*», «*katılık modülü*» ya da «*burulma modülü*» diye adlandırılır.

Sözgelimi, yatay bir levhaya bir çelik çubuk tutturulup öteki ucu da hareketsiz bir noktaya bağlanır ve levhaya yatay bir kuvvet (kesme kuvveti) uygulanırsa, çubuk eğilecektir. Bu olayda çubuğun boyu değişmez, ancak biçimi bozulur. Kesme kuvveti, çubukta, eğilme gerilmesi oluşturur. Bu gerilme, uygulanan kuvvetin, uygulandığı kesitin alanına bölünmesinden elde edilen sonuca eşittir. Kayma ise, çubuğun biçim değiştirme ölçüsüdür ve eğilme (dönme) açısından saptanır. Kayma modülü, kayma gecikmesinin kaymaya oranından hesaplanır.

Kayma modülü, yatay kirişlerin yük etkisi altındaki dayanıklılığının hesaplanmasında kullanılır.

Bulk modülü: Basınç altındaki bir katı ya da sıvının hacim değişikliği için, bulk modülü kullanılır. Bu, basıncın (basma gerilmesinin) görece hacim değişikliğine (hacimsel biçim değiştirmeye) oranı olarak tanımlanır. Hidrolik sistemlerde bulk modülü, akılda tutulması gereken çok önemli bir etmendir.

Bir cisim, esneklik sınırını aşan bir kuvvetin etkisinde tutulursa, artık esneklik özelliği gösteremez. Önce biçim değiştirir, ardından da malzemenin en zayıf noktasından incelip kopar. (altta)

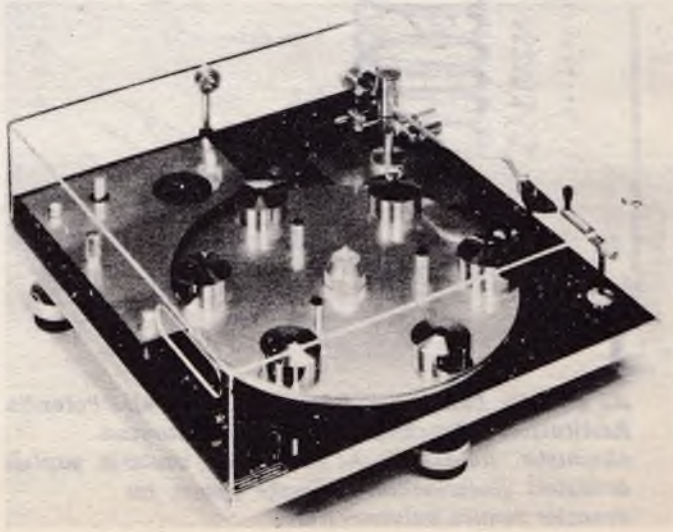


EŞANJÖR Bk. ISI DEĞİŞTİRİCİSİ

EYLEMSİZLİK

Duran cisimleri harekete geçirmek, hareketlerinin doğrultusunu değiştirmek ya da hareketlerini durdurmak için, bir kuvvet kullanmak gerektiğini günlük deneyimlerimizden biliriz. Hızdaki ya da hareket doğrultusundaki bu değişmelere karşı oluşan dirence, «eylemsizlik» adı verilir. SÜRTÜNME ve öteki karşı koyan kuvvetler olmasa da, eylemsizlik, kamyon gibi taşıt araçlarının hızlandırılmasını sınırlar. Kamyonun eylemsizliği, fren yapıldığında ya da viraja girildiğinde açıkça ortaya çıkar. Bu tür kuvvetler olmasaydı araç, sonsuza kadar doğru bir çizgi boyunca yol alırdı. Hareket halindeki kütlelerin davranışlarıyla ilgili bu genelleme, NEWTON YASALARI'nın birincisidir.

Dönme hızındaki değişmeleri en aza indirmek için, bu pikabın (altta) dönen tablası, en az kütle ile en çok eylemsizliğe sahip olacak biçimde yapılmıştır. Ayrıca, alüminyum plakanın kenarına pirinç ağırlıklar yerleştirilmiştir.



Dönmeyen bir cismin eylemsizliği, kütlesine bağlıdır. Cismin *ağırlığı*, içinde bulunduğu çekim alanının kuvvetine bağlı olarak değişir; ama kütlesi, dolayısıyle de eylemsizliği, cisim nerede olursa olsun aynı kalır ve eylemsizlik, uygulanan kuvvete karşı direnerek kendini ortaya koyar.

Kendilerini harekete geçiren kuvvet ortadan kalktıktan sonra, vantilatörlerin, sirenlerin, santrifüj makinalarının ve uçak pervanelerinin bir süre daha dönmesini sağlayan, eylemsizliktir. Dönme hareketinde oluşan eylemsizliğe, «*eylemsizlik momenti*» adı verilir. Eylemsizlik momenti, cismin yalnızca kütlesine değil, kütle dağılımına da bağlıdır. Cismin kütlesi dönme ekseninden uzaklaştırıldıkça, eylemsizlik momenti artar. Sözgelimi, kütleleri aynı, ama çapları farklı iki tekerlek, yokuş aşağı yuvarlansa, çapı büyük olan tekerlek, eylemsizlik momentinin büyüklüğünden ötürü daha yavaş gidecektir. Çelik bir disk eritilip, kütlesinin çok büyük bir bölümü çember kenarında toplanacak biçimde yeniden dökülürse, eylemsizlik momenti artar, ama dönme hareketi dışındaki hareketlere karşı direnişinde, herhangi bir değişme olmaz. Bir diskin atılışındaki güçlük, diskin eylemsizlik momentine değil, kütlesine bağlıdır.

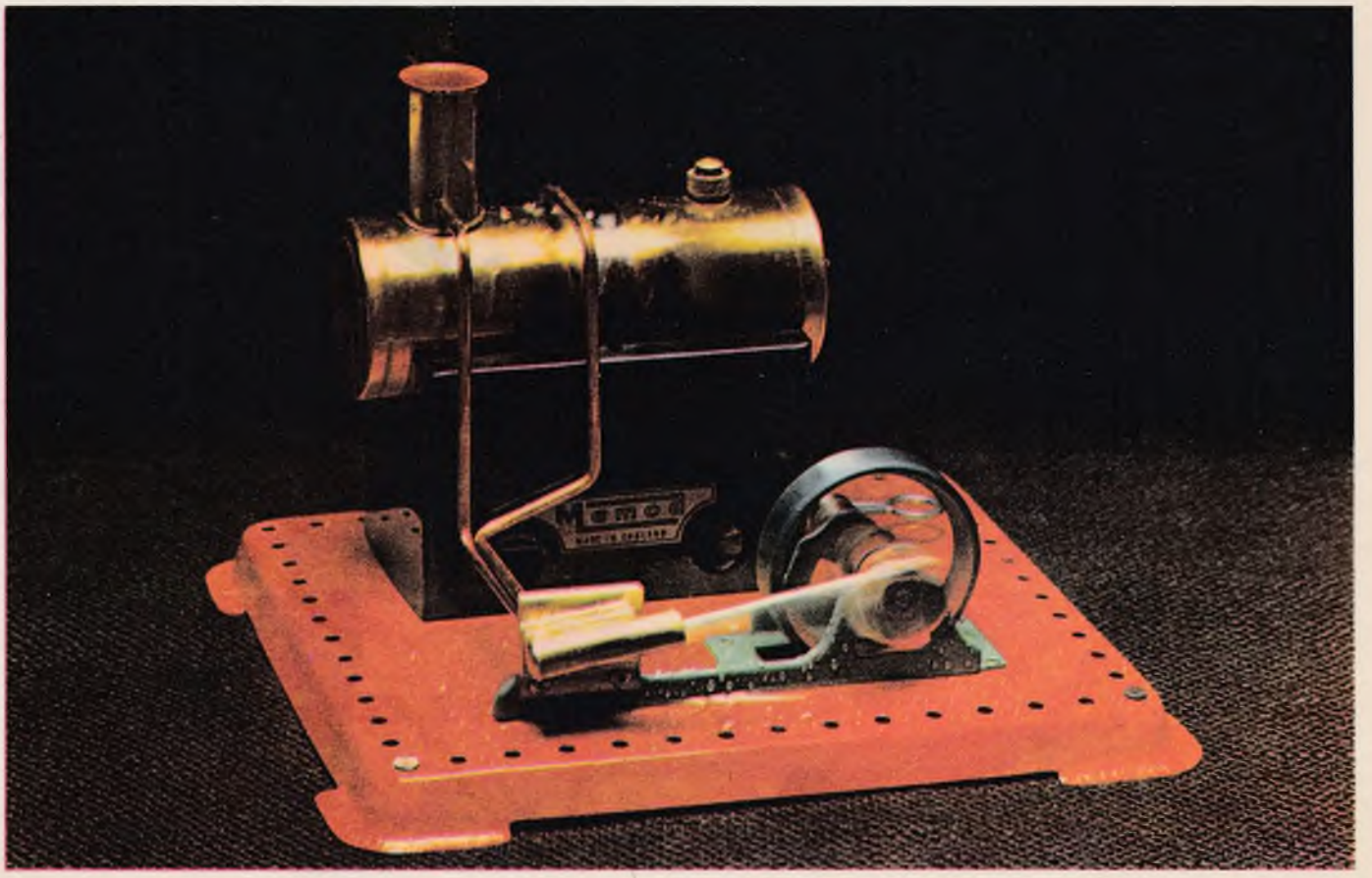
Her hareketli cisim, bir *kinetik* ENERJİ ya da hareket enerjisi deposudur. Belirli bir hızla hareket eden büyük kütleli bir cismin enerjisi, aynı hızla yol alan küçük kütleli bir cismin enerjisinden fazladır.

Dönen bir cisim söz konusu olduğunda, kinetik enerji, saniyedeki dönme sayısına ve eylemsizlik momentine bağlıdır. Eylemsizlik momentinin tipik bir örneği, ekseni çevresinde dönen bir buz patencisinde kolayca izlenebilir. Patenci, kollarını yana doğru açtığında eylemsizlik momentini artırabilir (kütle dağılımı, dönme ekseninden uzağa kaydığı için). Ancak, kinetik enerjisi değişmeyeceğinden, artan eylemsizlik momentini karşılamak için, dönme hızı azalır. Kollarını geri çektiğindeyse, eylemsizlik momenti azalacağından, dönme hızı artar.

Eylemsizlikten yararlanma: Birçok makina, iş çevrimlerinden, gücü düzensiz biçimde alır. Volanın eylemsizlik momentinden, alınan enerjiyi düzenlemede yararlanılabilir. Sözgelimi, bir otomobilin krankı, silindirlerin her ateşlenişinde bir itki kazanır. Otomobil vitesten çıkarıldığında, yani rölantide, krank mili düzgün olmayan dönmeler yapabilir. Ama mile takılacak bir volan, bu düzgünsüzlüğü azaltır.

Düzgün çalışan bir motorun kesikli enerji verecek biçime dönüştürülmesi de olanaklıdır. Şahmerdanlar, mekanik çekiçler, makaslar ve presler, enerji itkileriyle çalışır. Oysa elektrik motoru, bu tür ener-

Volan olmadan bu buhar makinası (altta), daha ilk itkiyi alır almaz takılıp kalacaktı. Volanın eylemsizliği, bu güçlüğü ortadan kaldırmaktadır.



ji sağlamaya uygun değildir. Bu nedenle motorun bir volanı çevirmesi sağlanır. Volan, istendiği anda bir debriyajla makinalara bağlanır. Volanın eylemsizlik momenti ne kadar büyükse, enerji itkileri sırasında oluşacak hız yitimi o kadar az olur.

Hareketsiz eksenler: Fizikçi FOUCAULT, büyük kütleli bir sarkacın eylemsizliğinden yararlanarak dünyanın dönmekte olduğunu kanıtladı. Yerküre dönme hareketini sürdürürken, asılı sarkacın salınım doğrultusu değişmemekteydi. Sonuçta, günün çeşitli zamanlarında, sarkacın, sarkaç düzleminin asılı bulunduğu çerçeveye göre farklı konumlar aldığı ortaya çıktı. Siklonların dairesel hareket yapmasına neden olan KORİOLİS KUVVETİ de, aynı etkiden kaynaklanmaktadır.

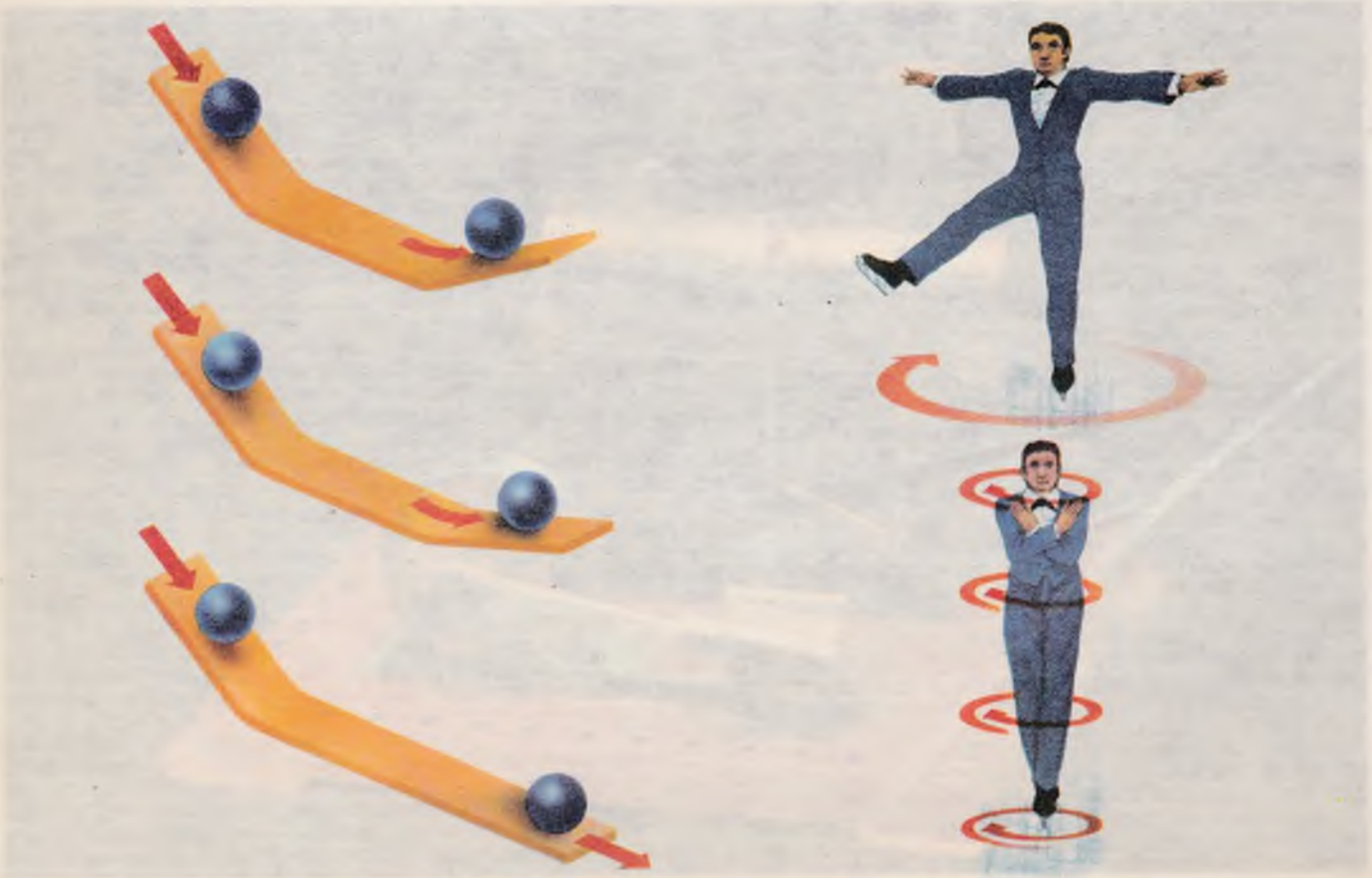
Yeryüzünden hiç bir yıldız gözlenemeseydi, sarkacın ve rüzgarların hareketi izlenerek, Dünya'nın döndüğü anlaşılabilirdi. Yıldızlar hiç bir zaman var olmasaydı ve Dünya uzaydaki tek gezegen olsaydı, Koriolis kuvvetleri ve öteki eylemsizlik etkileriyle, Yer'in döndüğü kanıtlanabilirdi.

Bu düşünce, XX. yüzyıl başlarında yaşıyan ünlü fizikçi Ernst Mach'a çok şaşırtıcı geldi: Belirli uzaklıklarda bazı gökcisimleri bulunmasaydı, hareketi tanımlamak için elimizde ölçüt olmayacağından, Dünya'nın dönmesinden söz etmek çok anlamsız olacaktı. Bu düşünce sistemine dayanan Mach, yıldızların olmaması halinde Yer'in dönmesinden kaynaklanan etkilerin de oluşmayacağını öne sürdü. Kısaca, Dünya üstündeki cisimlerin eylemsizliği (ne kadar küçük olsa da), uzaydaki öteki gökcisimlerinden kaynaklanmaktaydı. Gökbilimciler, her ne kadar bizim yıldız sistemimiz dönmekteyse de, bu dönmeyi ölçmek için yararlandığımız hareketsiz eksen takımının, çok daha uzaktaki, yani gözlenebilir uzay sınırındaki gökcisimlerine de bağlı olduğunu buldular. Uzaydaki bütün gökcisimleri yok olsaydı, kendimizi, itip çekmelere direnç göstermeyen çok hafif nesnelerden oluşan bir dünyada bulacaktık.

Garip görünmekle birlikte bu düşünceler, Einstein'ın çalışmalarında meyvelerini vermiştir. Einstein'ın GÖRECELİK kuramı, Mach'ın düşünmediği yollardan, uzaydaki bütün maddelerin dağılımı ile her maddenin eylemsizliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur.

EYLEMSİZLİKLE GÜDÜM

Eylemsizlikle güdüm, bir aracın, bir yerden bir yere giderken bir dış etki olmadan eylemsizlik siste-



Galilei, çizimde (altta) görülen tahteravalli içindeki topa bir itki verildiğinde, sürekli gidip geleceğini, ama sürtünme kuvvetinin etkisiyle bir süre sonra duracağını, göstermiştir. Buz patencisi, kollarını bedenine bitiştirerek, eylemsizlik momentini azaltıp daha hızlı dönebilir.

miyle yönlendirilmesinde kullanılan bir tekniktir.

Eylemsizlik sistemleri, aracın ivmesini, yönünü ve eğimini NEWTON YASALARI'na göre ölçer. Ayrıca, yalın bir ivme hesabıyla, aracın hızı ve yeri saptanır. Böylece, NAVİGASYON için gerekli olan bilgiler edinilmiş olur. Adından da anlaşıldığı gibi, İVME-ÖLÇER'ler aracın ivmesini, çok duyarlı CAYROSKOP'lar da, aracın eğimindeki ve yönündeki sapmaları ölçer.

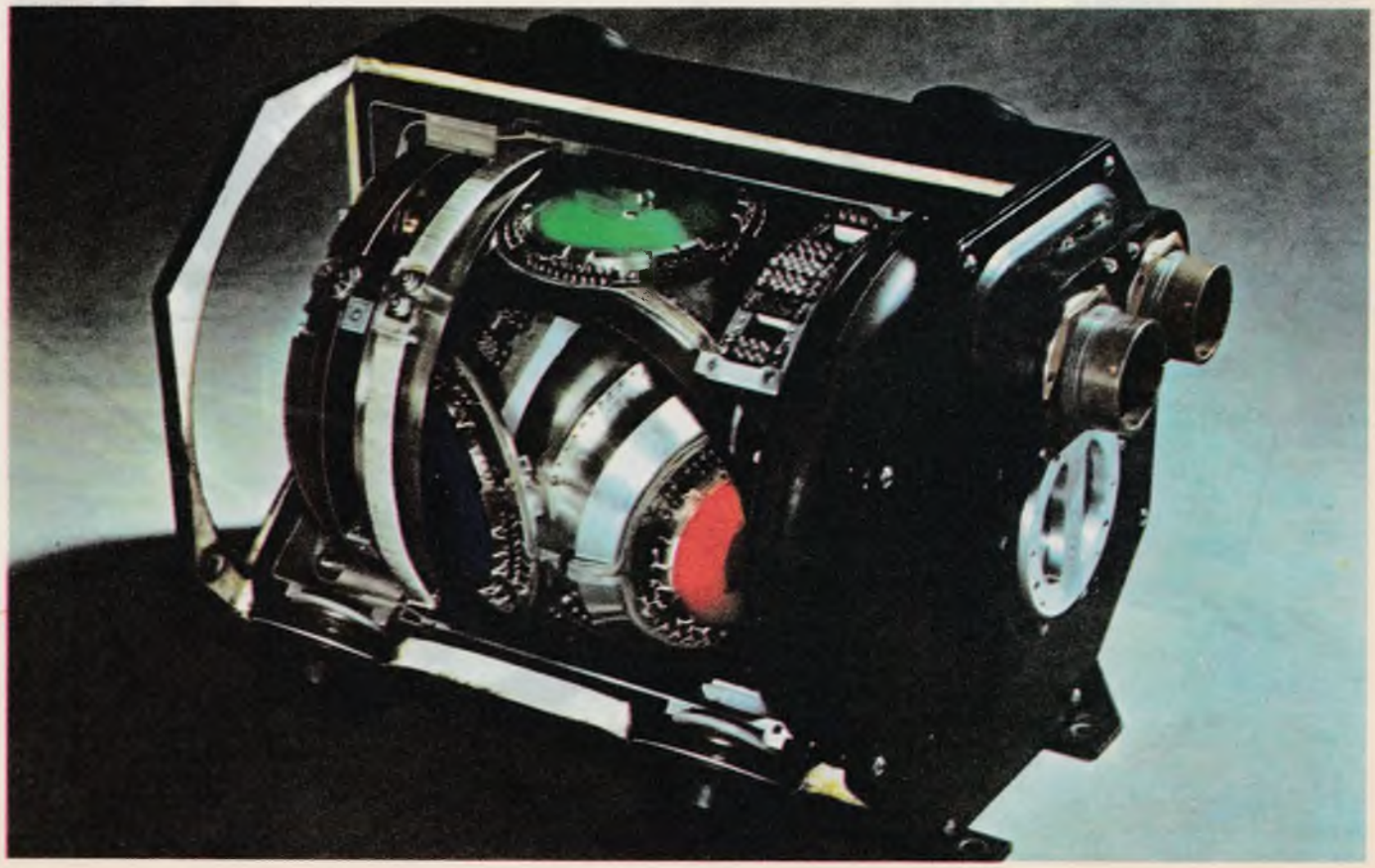
FÜZE'lerde, UZAY ARAÇLARI'nda, UÇAK'larda, gemilerde ve DENİZALTI'larda, eylemsizlikle güdüm yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, derin deniz araştırmaları ve sondaj işlemlerinde de yararlı olduğu görülmüştür. İki ya da üç boyutta hareket edebilen bütün araçlarda, bu teknik uygulanabilir. Ancak, sistem pahalı olduğundan, daha çok askeri araçlarda ve uzay araçlarında kullanılır.

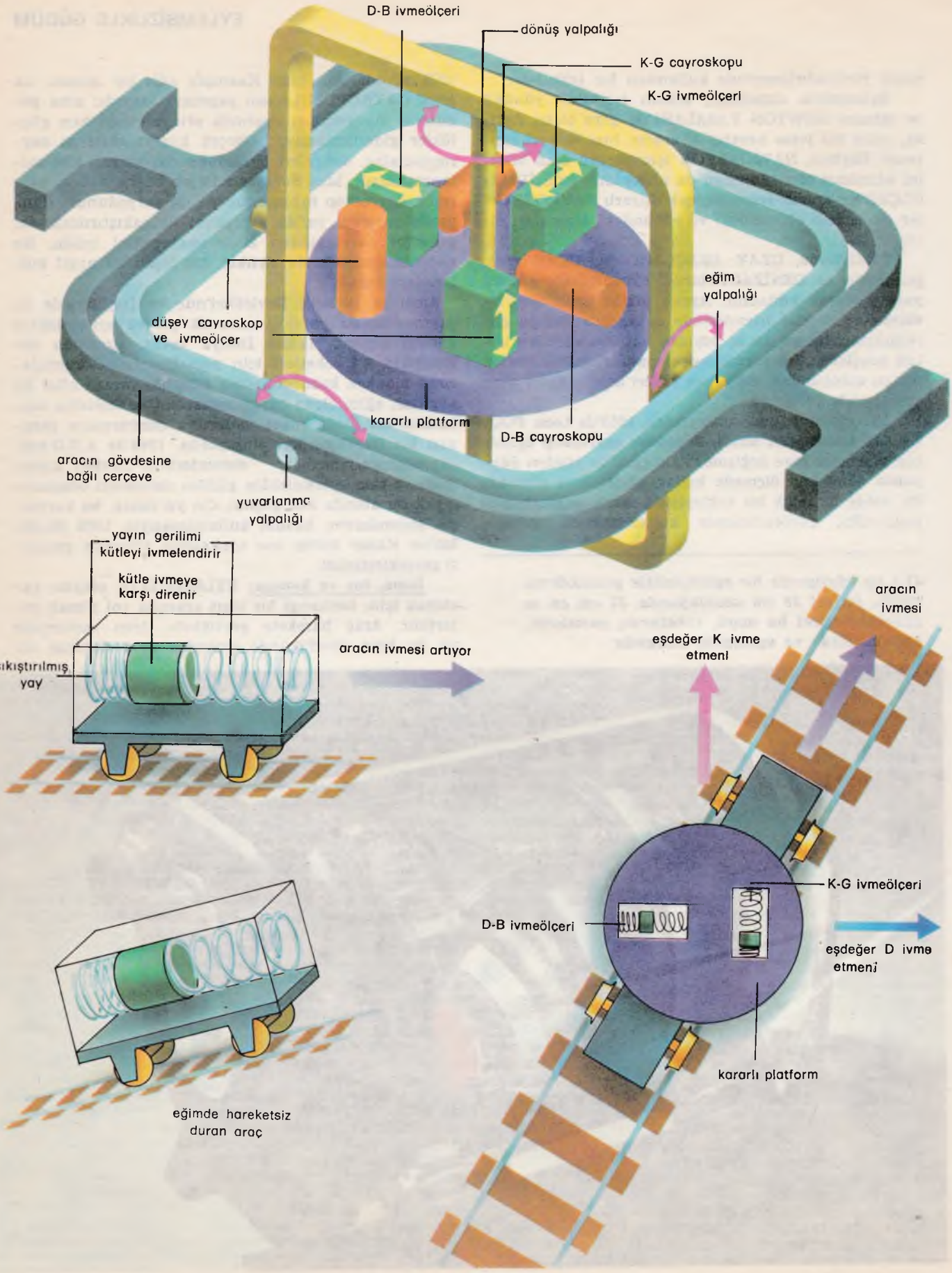
Eylemsizlikle güdümün temeli, 1852'de Leon FOUCAULT tarafından atıldı. Foucault, cayroskop eğiminin yıldızlara göre değişmez kaldığını, bu yüzden dünyanın dönüşünü ölçmede kullanılabileceğini gösterdi. Bu buluş, 50 yıllık bir bekleyişten sonra, cayroskopun geliştirilip, yönlendirmede kullanılmasına yolaçtı. 1908 yılında Anschütz Kaempfe adlı bir Alman, ilk gemi CAYROPUSULA'sını yapmayı başardı; ama gemilerin manevraları sırasında ortaya çıkan bazı güçlükler giderilememişti: Gerçek kuzeyi gösteren cayropusulalar, dengeleri bozulduğunda, sarkaç gibi sallanmaktaydı. Max Schuler adlı bir başka Alman profesör, cayroskop salınımının ya da peryodunun, dünyanın yarıçapı ya da yerçekimi ile çakıştırıldığında, geminin hareketinden etkilenmeyeceğini buldu. Bu nedenle, cayroskopla birlikte, hız ölçen bir aygıt kullanmayı önerdi.

Amerika Birleşik Devletleri'nde ve İngiltere'de de cayropusulalar yapıldı; ama ilk gerçek eylemsizlikle güdüm sistemi, İkinci Dünya savaşı sırasında Almanların V2 roketleri için yaptıklarıdır. Görünüşlerinin oldukça kaba olmasına karşılık, yararlı olan bu aygıtlar, eğim ölçen cayroskoplardan ve önceden saptanmış bir hızda roket motorunu durdurmaya yarayan bir ivmeölçerden oluşuyordu. 1948'de A.B.D'nde, cayroskoplu-ivmeölçer sistemlerinin ilkeleri kullanıldı ve tam eylemsizlikle güdüm sistemleri oluşturularak bu alanda öne geçildi. On yıl sonra, bu karmaşık sistemlerden birinin kullanılmasıyla, USS Nautilus'un Kuzey kutbu buz takkesinin altından geçmesi gerçekleştirildi.

İvme, hız ve konum: EYLEMSİZLİK olayını yaşamak için, herhangi bir taşıt aracıyla yol almak yeterlidir. Araç harekete geçtiğinde, fren yaptığında ya da köşe döndüğünde, yolcular aynı değerde bir

11,3 kg ağırlığında bir eylemsizlikle yönlendirme aygıtı. (altta) 28 cm uzunluğunda, 21 cm en ve yüksekliğindeki bu aygıt, roketlerde, gemilerde, denizaltılarda ve uçaklarda kullanılır.




D-B ivmeölçeri
dönüş yalpalığı
K-G cayroskopu
K-G ivmeölçeri
eğim yalpalığı
düşey cayroskop ve ivmeölçer
kararlı platform
D-B cayroskopu
aracın gövdesine bağlı çerçeve
yuvarlanma yalpalığı
yayın gerilimi kütleyi ivmelendirir
kütle ivmeye karşı direnir
sıkıştırılmış yay
aracın ivmesi artıyor
aracın ivmesi
eşdeğer K ivme etmeni
K-G ivmeölçeri
D-B ivmeölçeri
eşdeğer D ivme etmeni
kararlı platform
eğimde hareketsiz duran araç

kuvvetle bu değişikliklere karşı koyar. Bu kuvvet yoksa ya da çok zayıfsa, aracın içindekiler sağa sola savrulur.

Bütün cisimler, kütlelerinden ötürü, hız kazanmak ya da hız yitirmek için bir kuvvete gerek gösterirler. Cismin eylemsizliği kütleye bağlıdır; çünkü kütle, hareketе direnç gösterir. Bu ilkeye dayanılarak, yalın bir ivmeölçer yapılabilir: Bir metal kütle, önden ve arkadan iki yaya bağlanarak, bir kutu içine yerleştirilir. Kutu (ve araç) hız kazandıkça, kütlenin eylemsizliği, arkadaki yayı sıkıştırır. Bu sıkışma, ivme ile doğru orantılıdır ve elektriksel olarak saptanabilir. İvmeölçerin belli bir yönde tutulmasıyla, elektrik sinyali aracılığıyla hız ve alınan yol da hesaplanabilir.

İvme, aracın hızındaki değişmenin değeridir. Başka bir deyişle, aracın hızı iki an arasında farklıysa, bir ivme söz konusu demektir. Bu fark, iki hızın birbirinden çıkarılmasıyla bulunur ya da eylemsizlikle güdümde olduğu gibi, hız, ivmeden toplama işlemiyle (çıkarmanın tersi) elde edilir. Birbiri ardınca toplama işlemi yapma yönteminin matematikteki adı, *entegral alma*'dır (Bk. MATEMATİK).

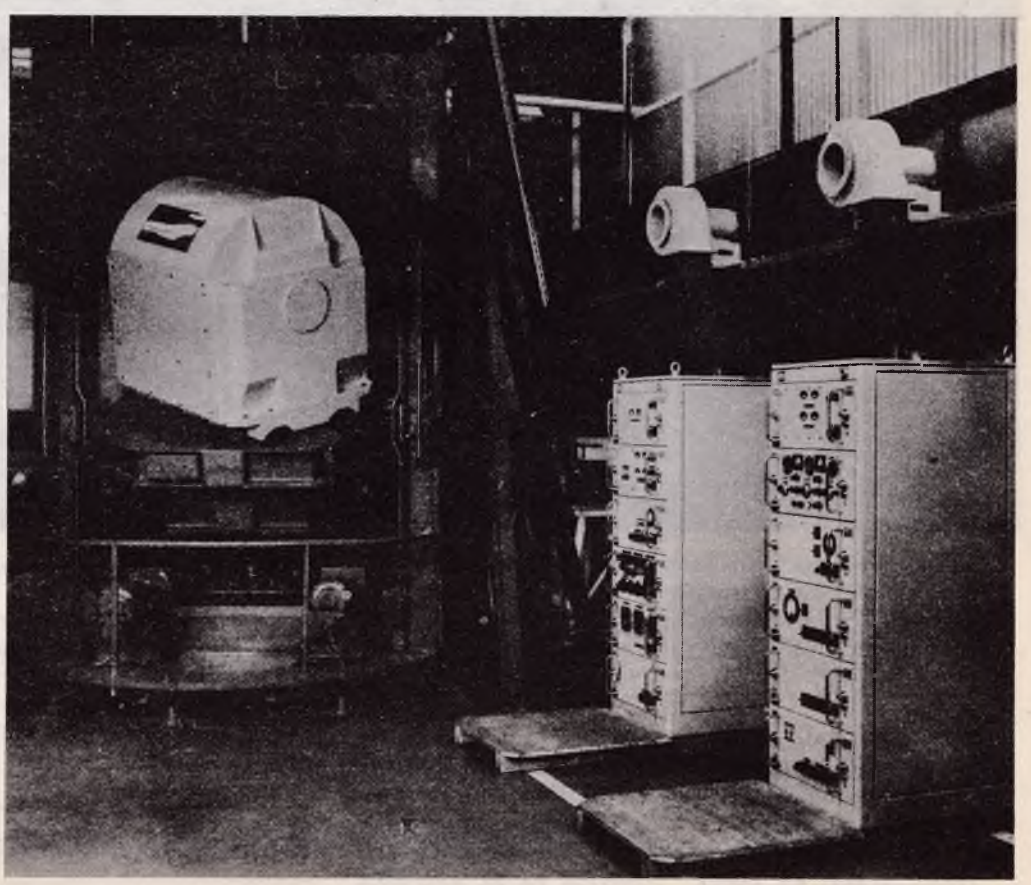
Hız ise, taşıtın konumundaki değişikliğin değeridir. Tıpkı ivmenin entegraliyle hızın bulunması gibi, hızın entegrali alınarak da konum elde edilir.

Eksenler: Bir araca hareket doğrultusunda yerleştirilen bir ivmeölçer, yalnızca bir tek doğrultuda (sözgelimi kuzey-güney ya da doğu-batı doğrultusunda) hareketi algılar. Ayrıca, yerçekimi kuvvetinin etkisi, ya hesaplamada dikkate alınmalı ya da aygıt yere yakın tutulmalıdır. Böyle bir düzenleme yararlı bilgiler sağlayabilir; ama eylemsizlikle güdüm, öteki doğrultuların da göz önüne alınmasını sağlayan iki ivmeölçere daha gerek gösterir. Bunlardan biri yanlara, ikincisi de aşağı yöneliktir ve her biri öbürleriyle bir kübün ayrıtları gibi dik açılıdır. Birbirine dik olan bu üç ivmeölçer doğrultusuna, *eksen* denir.

Kararlı platformlar: İvmeölçerlerin takılı olduğu kararlı platformlar, eksen açılarının, aracın eğimine karşın hep aynı diklikte kalmasını sağlar. Bu nedenle platformlar, yalpalık halkacıklarına oturtulmuştur. Yalpalık halkacıkları, platformun kendi çevresinde tam bir dönüş yapmasını sağlar.

Platforma eklenen üç cayroskop, aygıtın dünyanın kuzey-güney doğrultusunda ya da (uzay aracında kullanılıyorsa) güneş ve yıldızların doğrultusunda kalmasını sağlar. Herhangi bir nedenle platform biraz eğildiğinde, cayroskoplar motorları çalıştırarak, platformu eski durumuna getirir.

Kararlı duruma getirilmiş ivmeölçerler, değişmez eksenler doğrultusunda hız ve uzaklık bildirir; platform yalpalıklarına takılı elektriksel aygıtlar da, aracın eğimini ve dönüşünü saptar. Elde edilen bu değerler, aracın, bir dış etki ya da yardım olmaksızın



Bir denizaltı eylemsizlik sisteminin «hareketli tezgâh»ta denenmesi. (sağda) Kararlı platformun yalpalıkları, ivmeölçerleri ve cayroskoplarıyla birlikte çizimi. (solda) Alttaki üç çizim, ivmeölçerlerin çalışmasını ve değişik yönlere göre ivme düzenlemesini göstermektedir. Eylemsizlik sisteminin temeli, kararlı platform üstündeki aracın en küçük bir ivme ve yön sapmasını saptayabilecek üç ivmeölçer ile üç cayroskoptan oluşmuştur. Eylemsizlikle yönlendirme sistemleri, güdümlü roketlerdeki yönlendirme sistemlerinden çıkarılmıştır ve günümüzde uçaklarda, gemilerde, insanlı ve insansız uzay araçlarında kullanılmaktadır.

Eylemsizlik aygıtının kullanıldığı araçlardan biri de Harrier adlı hava aracıdır. Bu araçta, resimde haritalı ekrandan oluşan bölümü görülen, eylemsizlikle yönlendirme ve saldırı sistemi vardır.

doğru rotada yol almasını sağlar.

Güdüm hataları: Hiç bir ölçme aygıtı kusursuz değildir; tümünde şu ya da bu biçimde bir yanlış payı vardır. Bir eylemsizlik sisteminin duyarlığı, üç cayroskopun duyarlığına bağlıdır. Yapım sırasında cayroskoplardaki en küçük bozukluk ya da ayarsızlık, sapmalara, dolayısıyla de platformun eğiminde yanlışlara yolaçar.

Eylemsizlikle güdümdeki yanlışların hesaplanması, oldukça güçtür; ama iyi ayarlanmış bir sistemin yanlış payı, saatlerce süren uçuşta birkaç km'yi geçmez. Bazı eylemsizlikle güdüm sistemleri, konum ve hız ölçeklerine göre kullanılarak, yanlış payı azaltılmaya çalışılır.

EYLEMSİZLİK MOMENTİ Bk. EYLEMSİZLİK

F

FARAD Bk. SIĞA ELEKTRİKSEL

FARADAY, MİCHAEL (1791 - 1867)

Michael Faraday, DİNAMO'nun bulunmasıyla ve ELEKTROLİZ yasalarının kurulmasıyla (çözeltilerin elektrikle ayrıştırılması) sonuçlanan bir dizi ELEKTRİK deneyiyle tanınır.

Bir demircinin oğlu olan Faraday, 22 Kasım 1791'de Surrey'de (İngiltere) doğdu. 1812'de Sir Humphry DAVY'nin verdiği konferanslara katıldıktan sonra, bilime karşı ilgi duymaya başladı. Bir ciltçi dükkanında çıraklık ederken, bir iş isteme mektubuyla birlikte, Davy'ye ders notlarını yolladı. 1813'te Davy'nin asistanı olarak Krallık Enstitüsü'nde çalışmaya başladı. O yılın sonlarına doğru, Davy ile bir Avrupa turuna çıktı. Krallık Enstitüsü'ne geri döndüğünde çok çalışmak zorunda kaldı; çünkü ekonomik bunalıma sürüklenen Enstitü'nün o zamanki tek gelir kaynağı, Faraday'dı. Bu süre içinde cam ve çelik üstüne pek çok çalışma yürüttü ve Davy için, karbon klorürlerini araştıran çeşitli kimyasal çözümlemeler yaptı (bunlar 1825'te benzenin bulunmasıyla sonuçlandı).

Davy Enstitü'den ayrılmıştı, ama Faraday, araştırmalarını Davy adına yürüttü. 1823'te Faraday, gazların basınç altında sıvılaşabileceklerini kanıtladığında, bu başarının onuru Davy'nin oldu. Daha sonra Davy, Faraday'ın Krallık Akademisi'ne üye olmasına karşı çıktığından araları bozuldu.

Evlendiği yıl (1821), bilimsel bir yayınevi, Faraday'dan yeni elektrik olayları konusunda makaleler yazmasını istedi. O dönemde açıklaması yapılamayan birçok buluş ortaya çıkmaktaydı. Sözgelimi OERSTED, bir telden geçen akımın pusula iğnesini etkilediğini saptamıştı. Faraday, mıknatısın, elektrik geçen teli bir yöne doğru itebileceğini düşündü ve bunu kanıtlamak için bir deney yaptı. Bir mıknatısın üstüne, içinden akımı geçen bir tel sallandırdı; devre kapandığında tel, mıknatısın çevresinde daireler çizmeye başladı. Bu deney, Faraday'ın hem Avrupa'da büyük üne kavuşmasına, hem de büyücülükle suçlanmasına yolaçtı.

1831'de Krallık Enstitüsü'nün ekonomik koşulları düzelince, Faraday, araştırmalarını yeniden yoğunlaştırdı. Aynı yıl, elektromagnetik indükleme olayını kanıtlayan ünlü deneyini yaptı. Demir halkanın bir yanına sarılmış olan bobinden akım geçirildiğinde, halkanın öteki yanına sarılı bobinde bir akım indükleniyordu. Faraday bu olayı, birinci bobinde ortaya çıkan «magnetik dalga»nın, ikinci bobini, içinden akım geçecek biçimde etkilemesiyle açıkladı. Magnetik dalganın sürekli üretilmesi, magnetik alan içinde bir iletkenin (bir bakır disk) döndürülmesiyle sağlanabilirdi: Bununla Faraday, ilk dinamoyu yapmış oluyordu.

Dinamonun bulunuşunu izleyen birkaç yıl içinde

Elektromagnetik indükleme olayını gösterme amacıyla Michael Faraday'ın 1831'de denediği ilk sarım. (altta) Bir demir halka üstüne ayrı ayrı iki bobin teli sarılmıştır. Bunlardan birine gerilim uygulandığında, ikincisinin uçları arasında da bir gerilim indüklenir.

Faraday, 1855'te Prince Consort'un önünde, Krallık Enstitüsü'nde konferans verirken. (üstte) Konferansları, çeşitli konuları içermekteydi: Karbonun kimyası; gazların özellikleri; vb.

Faraday, çözeltilerden akım geçirerek, nasıl üretilirlerse üretilsinler bütün elektrik türlerinin aynı yapıda olduğunu gösterdi. Böylece, bir çözelti içindeki çözülme miktarının, geçen akım miktarına bağlı olduğunu belirten elektroliz yasalarını geliştirdi.

1839'da Faraday rahatsızlandı; çeşitli ülkelerdeki tedavisi dört yıl kadar sürdü. Bu hastalık sonucu ortaya çıkan bellek zayıflığı, günden güne arttı. Çalışmalarına yeniden başladığında, magnetik alanın metal olmayan maddeler üstündeki etkisini araştırdı. Bunlar birbirlerini zayıf bir biçimde ya itiyor ya da çekiyorlardı. Faraday böylece, *paramagnetik* ve *diyamagnetik* terimlerini ortaya attı. Başka işlerle uğraşmaya başlaması sonucu, bilimsel araştırmaları azaldı. 1853'te doğa dışı güçlerin neden olduğu ileri sürülen ruh çağırma olayını inceledi. Bundan iki yıl sonra, *The Times* gazetesine, Thames ırmağındaki kirlenmeyle ilgili bir mektup gönderdi.

70 yaşında (1861) Krallık Enstitüsü'nden istifa etti ve Kraliçe Victoria'nın hediyesi olan Hampton Court'taki evine yerleşti. Artık sağlığı iyice bozulmuştu ve sürekli bakıma gereksinimi vardı. 25 Ağustos 1867'de öldü.

Faraday, çalışmalarında, ancak az sayıda örneğine raslanacak bir yetenekle, kuram ve deneyi birleştirmeyi başarmıştır. Oysa genellikle, gerekli araç ve aygıtlar için yeterli parası olmazdı. Üstelik hiç matematik bilmezdi. Buluşlarından birçoğu, ancak ölümünden yıllar sonra uygulamaya aktarılmıştır. En önemli başarılarından biri, XIX. yüzyıl biliminin çekirdeğini oluşturan elektromagnetizma konusundaki araştırmalardır. Bundan yararlanarak daha sonra James MAXWELL, alan kuramını (Bk. ALAN VE KUVVETLER) geliştirmiştir.

FAZ Bk. MADDE (ÖZELLİKLERİ)

FAZ Bk. SİNÜS DALGASI

FERMİ, ENRİCO (1901 - 1954)

İtalya'da doğup, 1944'te A.B.D. yurttaşlığına geçen Fermi, GÖRECELİK ve KUVANTUM kuramlarının, klasik fiziği bir kenara ittiği ve çarpıcı gelişmelerin ortaya çıktığı bir dönemde yetişti. Genç yaşta, fizik konusundaki yeteneğini ortaya koydu. Daha 21 yaşına basmadan Pisa Üniversitesi'nde fizik doktoru oldu.

Fermi'nin atom konusundaki ilk başarısı, Wolfgang Pauli'nin gazların klasik GAZ YASALARI'na uymayan davranışlarını (düşük sıcaklıkta ve yüksek

yoğunlukta) açıklamak için geliştirdiği dışlama ilkesini, atomsal ölçekte araştırması olmuştur. Bu yoz gazlar (günümüzde «Fermi gazı» diye de adlandırılmaktadır), metal özellikleri gösterir. Gerçekten, bir metaldeki elektronlar, tıpkı Fermi gazındakiler gibi davranır. Fermi'nin belirlediği yasalara uyan taneciklere «*fermiyon*» adı verilir.

Fermi, 1933'te bir nötronun, bir proton ve bir elektrona ayrışması sırasında ortaya çıkan taneciğe «*nötrino*» adını verdi. «Beta bozunması» diye nitelenen bu süreçte elektronlar, çok düşük enerjiyle çevreye saçılır. Fermi, bir dönüşüm sırasında nötrinoların da oluştuğunu ve enerjinin bir bölümünü alıp götürdüklerini düşündü. Kütlesi ve elektrik yükü olmayan bu taneciklerin varlığı, 1955'te deneysel olarak kanıtlandı.

1934'te İrène ve Frederic Joliot-Curie, proton bombardımanıyla bazı atomlarda radyoaktifliğin başlatılabileceğini açıkladılar. Fermi, asistanlarından birini Roma'daki kimya malzemesi satıcılarına gönderdi ve «Mendeleyev tablosundaki bütün elementleri satın almasını» (Mendeleyev tablosu, PERYODİK ÇİZELGE'dir) istedi. Oluşturduğu araştırma grubu, peryodik çizelgedeki bütün atomları nötronlarla bombardıman etmeye başladı. Nötronların elektrik yükü bulunmadığından Fermi, bunların, atom çekirdeği tarafından daha kolay yakalanacağını sanıyordu. Birkaç ay içinde Fermi grubu, birçok yeni radyoaktif izotop elde etmeyi başardı.

Enrico Fermi, Chicago Üniversitesi'nde 100 milyon voltluk gerilimde çalışan tanecik hızlandırıcısını işletirken (Mayıs 1950).

Söz konusu araştırmalar sırasında, bir raslantı sonucu, nötron kaynağı ile hedef arasına yerleştirilen bir ekranın, nötron etkilerini artırdığı ortaya çıktı. Bu şaşırtıcı sonuç, ekran olarak katı parafinin kullanılması durumunda daha belirgin hale geliyordu. Fermi buna, parafin içindeki hidrojen çekirdeğinin, nötronları yavaşlatıp kolayca yakalamasının yolaçabileceğini düşündü. Suyun da (hidrojen içerdiği için) aynı sonucu verip vermeyeceği araştırıldı. Çevredeki bir havuzdan nötronlar geçirilerek, Fermi'nin savı kanıtlandı.

Fermi grubu, uranyumun bombardıman edilmesinde şaşırtıcı bir sonuçla karşılaştı: Yeni bozunma ürünleri ortaya çıkmaktaydı. O zaman tanımlanamayan bu ürünler, daha sonra atom reaktörünün anahtarını oluşturdu.

Yavaş nötronların önemini ortaya koyması ve yeni radyoaktif maddeler üretmesinden dolayı, 1938' de Fermi'ye Nobel ödülü verildi. Stockholm'de ödülü alan Fermi, İtalya'ya dönmedi. Vatanındaki faşist yönetimle anlaşamıyor, Yahudi olan karısını ırkçı yasaların tehdidi altında görüyordu. 1939'da Columbia' ya (A.B.D.) göç eden Fermi'ye, üniversitede görev verildi.

Berlin'de Otto Hahn ve Fritz Strassmann, Fermi' nin, uranyumu nötronla bombardıman etme deneyi sonucu, çekirdeği daha hafif iki atoma böldüğünü kanıtladılar. Bu, atomsal FİZYON (çekirdek bölünmesi) idi. Fermi, söz konusu değerlendirmenin yaratabileceği sonuçları kavradı: Atomun her bölünüşünde daha çok sayıda nötron salınmaktaydı. Bu, atom çekirdeğinden sürekli enerji yayarak, fizyon olayının kesintisiz olarak sürüp gidebileceği anlamına gelebilirdi.

Fermi'nin çalışma arkadaşları, Albert EİNSTEİN' ın Başkan Roosevelt'e bir mektup yazarak, çok güçlü yeni bir bombanın yapılabileceğini (ve belki de Almanların böyle bir silah geliştirmekte olduğunu) belirtmesini sağladılar.

Böylece, gerekli parasal kaynağı sağlayan Fermi grubu, nükleer güç üstünde çalışmalara başladı. Suyun büyük miktarda nötron yutmasından ötürü, yavaşlatıcı olarak büyük grafit bloklar kullanıldı.

Araştırmalar, büyük bir gizlilik içinde sürdürüldü. Yeterli grafit ve uranyum elde etmede güçlüklerle karşılaşılıyordu. Kesin sonuca ulaşmadan önce, özellikle reaktörün yapısıyla ilgili, çeşitli model denemeleri yapıldı.

Fermi'nin daha önceki çalışmaları, kadmiyumun iyi bir nötron yutucusu olduğunu göstermişti. Dolayısıyle, zincirleme tepkimeyi denetleyebilmek için, reaktör içine kadmiyum çubukları yerleştirildi. Bu kadmiyum çubukların yerleştirilmesi sonucu ZİNCİRLEME TEPKİME'nin başlamasıyla, 2 Aralık 1942'de Fermi, atom çağını başlattı.

«Manhattan Projesi» diye adlandırılan bu ilk başarıdan sonra Fermi, atom bombası yapmak için Los Alamos'a (New Mexico) gitti. İkinci Dünya savaşından sonra Chicago Üniversitesi'ne geçti; orada çalıştığı nükleer araştırma enstitüsüne, adı verildi. Çeşitli fizik konularıyla ilgili birçok ders kitabı yayınladı. Büyük bir araştırmacı olmanın yanı sıra, iyi bir öğretmen olduğunu da kanıtladı. Nobel ödülü dışında, birçok başka ödül de kazandı.

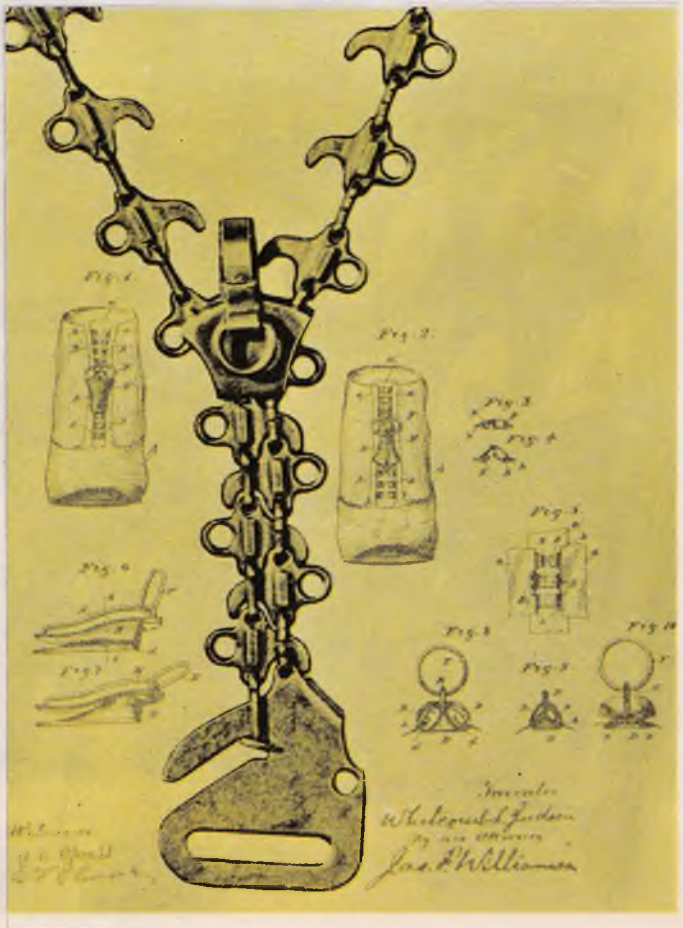
FERMUAR

XIX. yüzyılda yaygın olan düğmeli potin modası, Amerikalı mühendis Whitcomb Judson'u, çengel ve göz ilkesine dayandırılmış değişik bir bağlama düzeni geliştirmeye yöneltti. Elle ya da bir sürgüyle kapatılan bu düzeneğin patentini 1893'te alan Judson, 12 yıl boyunca buluşunu geliştirdi.

İlk Judson fermuarı, pariak bir buluş olmasına karşın, sık sık açılması nedeniyle uygulamada aynı ölçüde yararlı olmadı. Üstelik, uygun makinalar geliştirilemediği için, tek tek ve elle yapılması gerekiyordu.

1905 yılında Judson, başka bir fermuar tipi geliştirdi. Bunda kapatma öğeleri, bir zincir gibi birbirine bağlanma yerine, bir şeride tutturuluyordu. Ne var ki, bu tür de, beklenen yararı sağlayamadı. Jud-

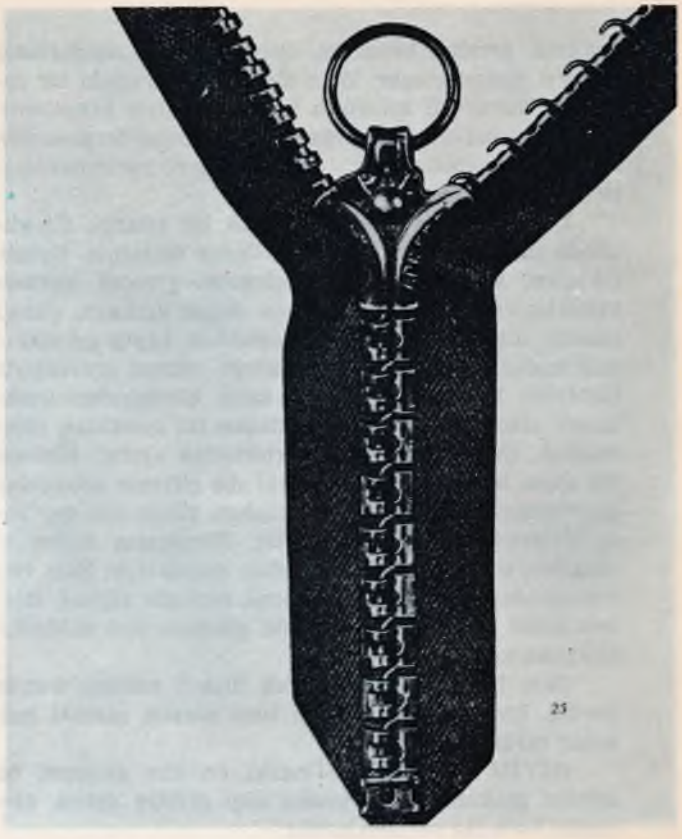
1890'larda kullanılmaya başlanan ilk fermuar. (altta) «Göz» adı verilen halkalar ile birbirine kenetlenen bir dizi çengelden oluşuyordu.



son'un şirketinde çalışmakta olan, Gideon Sundback adlı bir elektrik mühendisi, fermuar üstünde çalışmalara başladı. 1913 yılında, kapatma öğelerinin (ya da dişlerin) birbirinin eşi olduğu ve gerektiğinde değiştirilebildiği, bir çengelsiz kapatma düzeneği yaptı. Ayrıca, dişleri üretip şeride yapıştıran bir de makina geliştirdi.

Fermuar, giysilerde 1918 yılında kullanılmaya başlandı; uçuş giysileri yapmak için sözleşme imzalayan bir yapımcı, bunlardan birkaç bin tane ısmarladı. Böylece, fermuarın yararı anlaşılmaya başlandı ve 1923 yılında B.F. Goodrich firması, yaptığı kısa çizmelere bunlardan koydu.

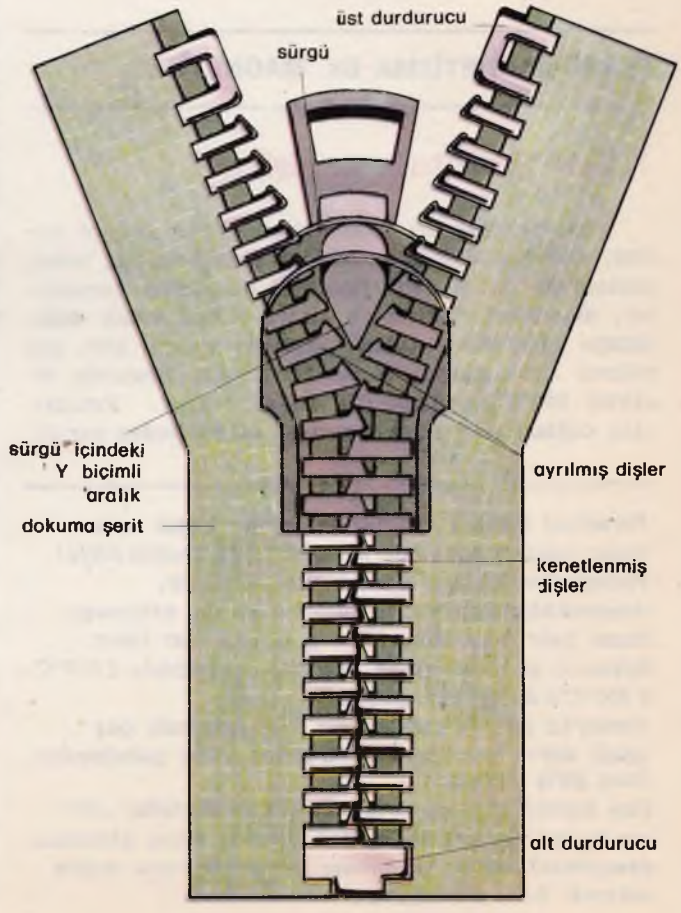
Modern fermuarlar: Modern fermuar, sağlam bir



1905'te geliştirilen bu fermuarda, halka ve göz ilkesinin değişik bir biçiminden yararlanılmıştı. (sağda)

Dişler, bir şeride tutturulmuş ve birbirine paralel olduğu zaman ayrılmayacak biçimde dizilmiştir. Sürgü, bu çizgiyi eğer, dişlerin arasında, birleşip ayrılabilmelerini sağlamak için fazladan bir boşluk yaratır. (altta sağda)

Modern fermuarın 1913'te yapılmış bir öncüsü. (altta solda)



dokuma şeridin kenarına boydan boya sıkıştırılmış bir dizi dişten oluşur. Bu dişler, karşı sıradaki bir dizi dişe, kayar bir kılavuzla ya da sürgüyle kenetlenir. Şeritlerin üst ve altına da, bu sürgünün fermuardan kayıp çıkmaması için, durdurucular yerleştirilmiştir.

Her dişin üst yüzünde küçük bir çıkıntı, alt yüzünde ise, bir boşluk bulunur. Dişler birbirine, birinin çıkıntısı, karşısındakinin boşluğuna girecek biçimde kenetlenir. Bir kez kenetlenen dişler açılmaz, çünkü çıkıntı, dişlerin arasındaki boşluktan kayıp çıkmayacak kadar büyüktür. Dişler, sürgü düzeni aracılığıyla birbirine kenetlenir. Sürgü, üstte birbirinden uzaklaşan, altta ise, birbirine yaklaşan iki kanaldan oluşmuştur. Çekilirken dişleri birbirinden ayırır; böylece, bir dişin başının, karşı sıradaki diş çiftinin arasından geçmesine olanak verir. Bu dişleri, sürgünün dar yanı birbirine yapıştırıp kenetler, Fermuarın dişleri ve sürgüsü, metal ya da naylondan yapılabilir. Bazı fermuarlarda sürgü, alttan çıkacak biçimde yapılır. Böylece ceket ve benzeri giysilerde, giysinin önü bütünüyle açılabilir.

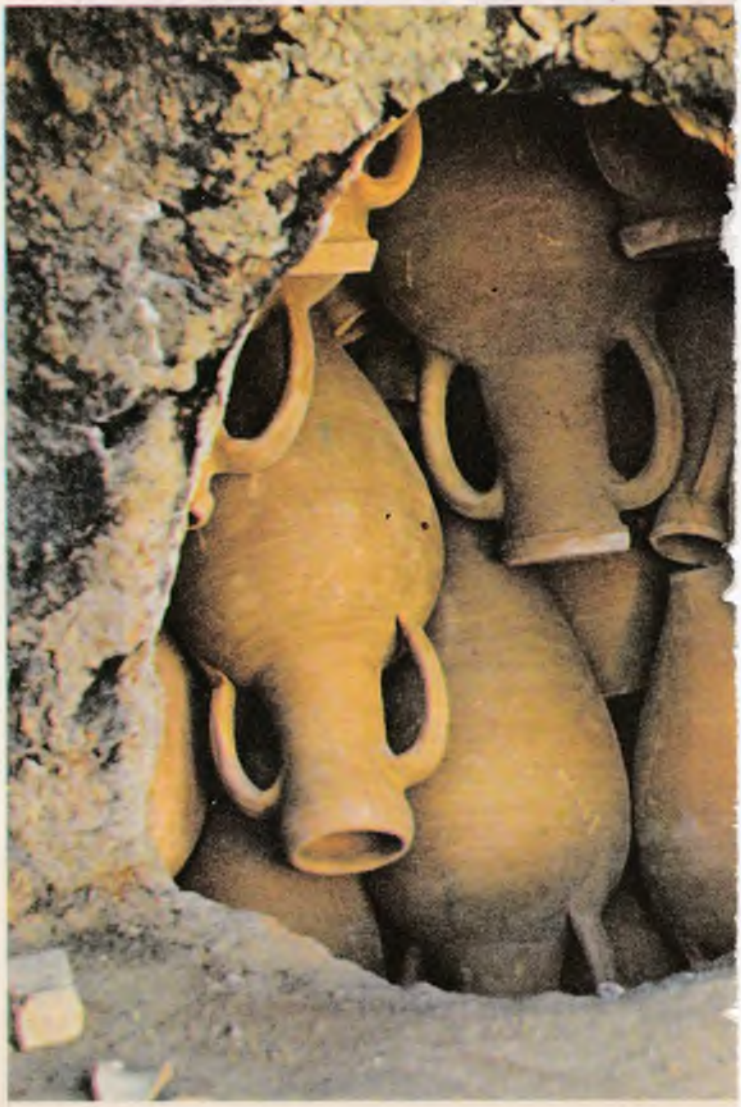
Bazı fermuarların tek tek dişleri yoktur; bunun yerine, birbirine kenetlenen ince plastik sarmal halkalar vardır.

GİYİM ENDÜSTRİSİ'ndeki en son gelişme, bir sonsuz makaradan fermuarı alıp giysiye diken, otomatik fermuar makinalarıdır.

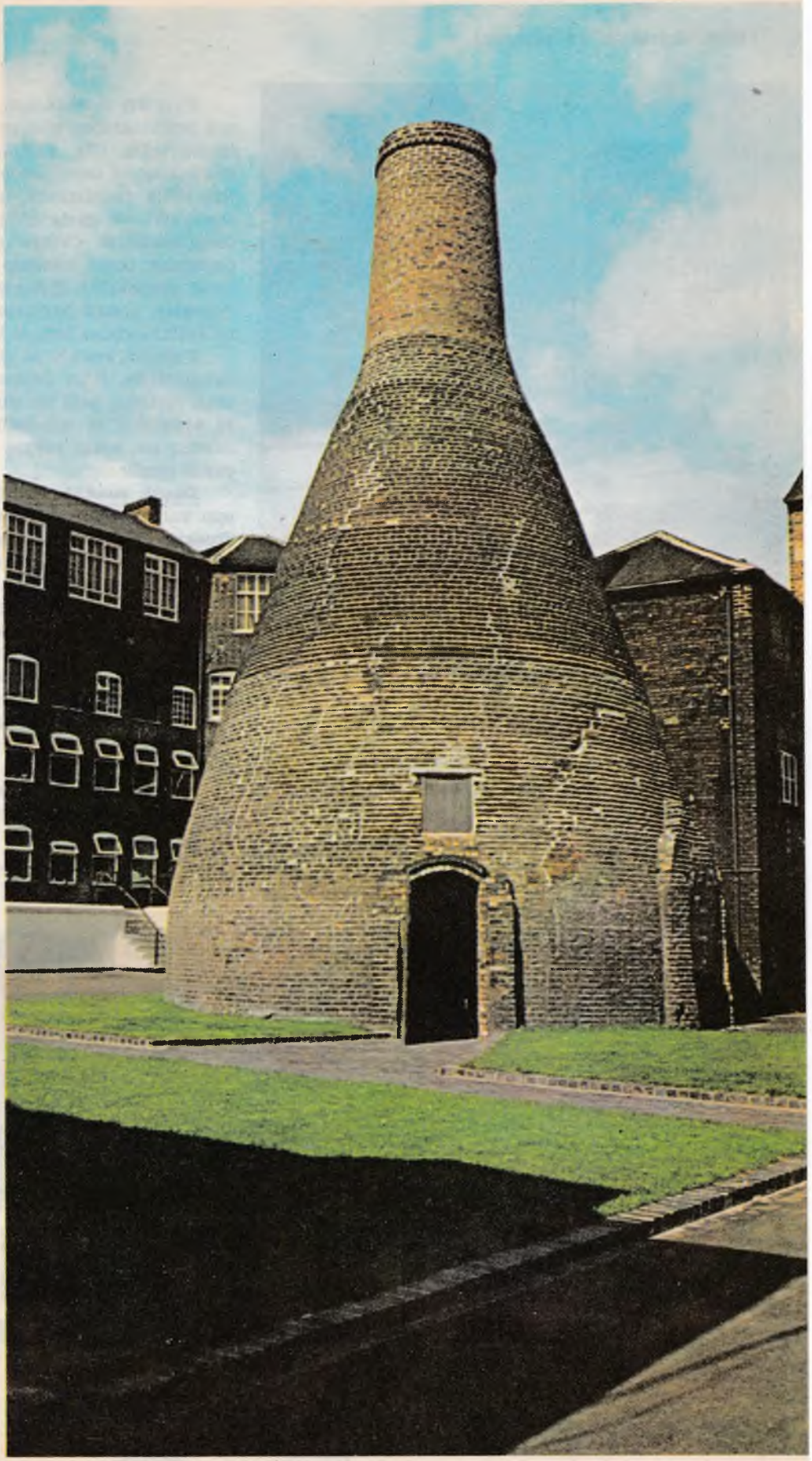
FERROMAGNETİZMA Bk. MAGNETİZMA

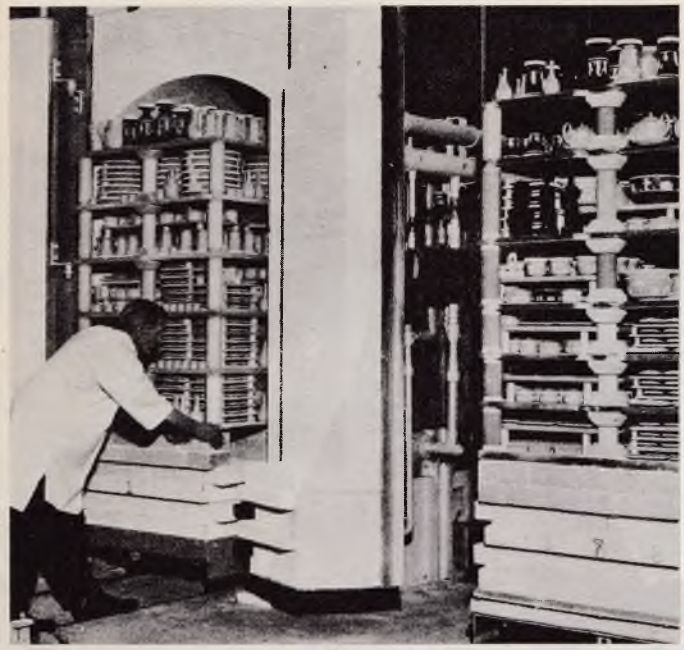
FIRIN (kurutma ve pişirme)

Fırınlar, işlevleri bakımından çeşitli tiplere ayrılır: Oldukça düşük sıcaklıklarda şerbetçiotu, mısır, kereste ya da maden filizi gibi maddeleri kurutanlar; maddeleri fiziksel ve kimyasal bakımdan değişikliğe uğratanlar; tuğla pişirmede olduğu gibi, çok yüksek sıcaklıklarda çalışanlar. Tuğla fırınında sıcaklık 900°C'tan 1 200°C'a kadar değişir. Fırınlar, ateş tuğlası gibi ısıya dayanıklı maddelerden yapılır.



Porseleni bisküvi aşamasına gelene kadar ısıtan, gazla çalışan bir modern tünel fırın. (sağda üstte) Porselenler bisküvi aşamasında, sertleşir, dayanıklılık kazanır ve süsleme ya da sırlamaya hazır hale gelir. Porselenle dolu arabalar tünel boyunca geçer. Sıcaklık, pişirme bölümünde 1 260°C - 1 300°C'a kadar yükselebilir.
Tunus'ta odunla ısıtılan bir köy fırınında baş aşağı duran testiler. (sağda altta) Fırın yakılmadan önce, giriş sıvanır.
Şişe biçimli çömlek fırınında (karşı sayfada), bir sundurma vardır. Sundurma, fırında hava akımının denetimini sağlar ve havayı fırının tepesine doğru çekerek baca görevi yapar.





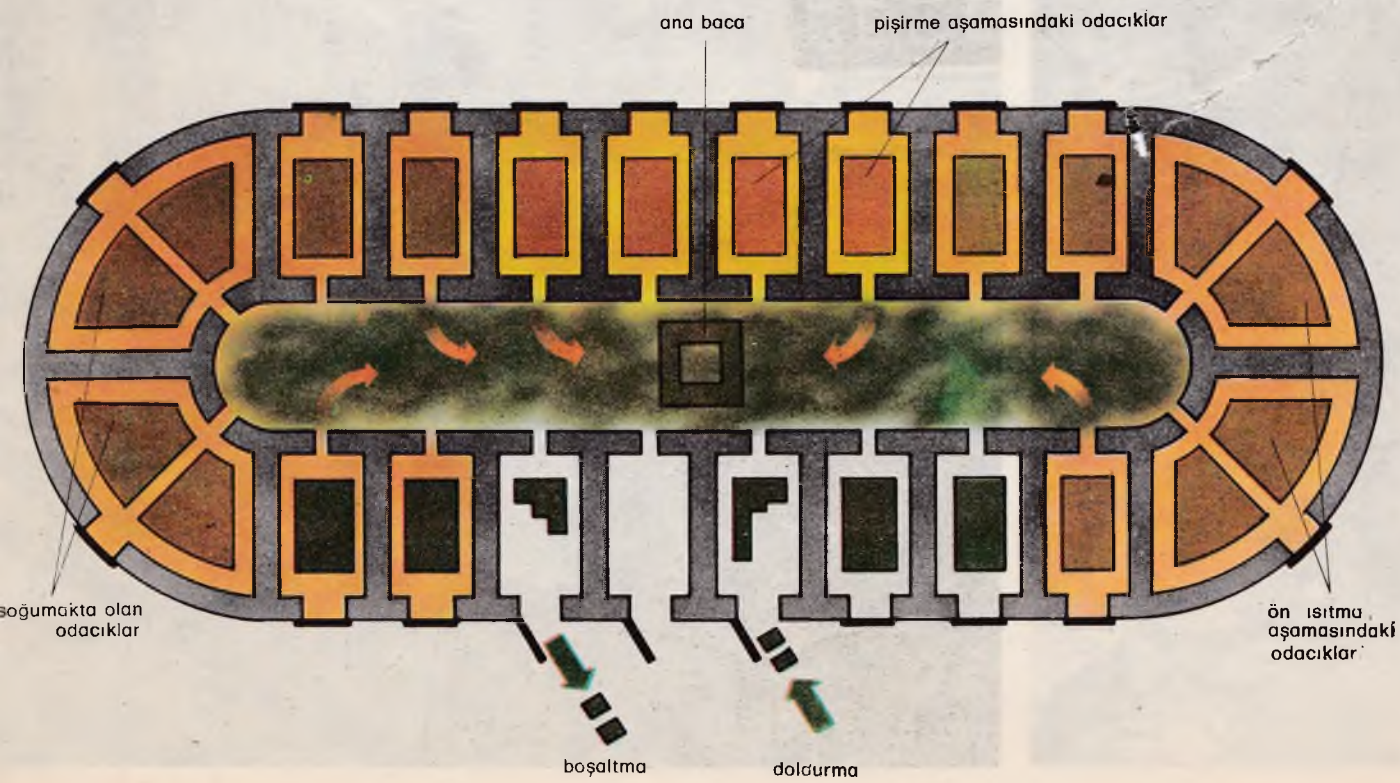
Gazla ısıtılan ve kesikli çalışan bir fırına 1 150°C'ta (bisküvi kıvamında) pişirilmek için toprak kapların yerleştirilmesi. (üstte) Kaplar, ısıya ve ateşe dayanıklı kilden yapılmış raflara ya da platformlara yerleştirilir.
Odacıklı sürekli tuğla fırını. (altta) Kömürlü ızgaralar, fırın boyunca sırayla yakılır. Soğuyan odacıklardan gelen havadan, pişirme işleminde yararlanılır; bu sıcak hava da, başka odaların ön ısıtmasında kullanılır.

Fırınları ısıtmak için, kömür, sıvı yakıt, doğal ve sıvı petrol gazları gibi çeşitli yakıtlar kullanılır. Sözgelimi, tuğla (Bk. TUĞLA ÜRETİMİ) ve porselen endüstrisinde seçim, eldeki kaynaklara bağlıdır. Oda tipi tuğla fırınlarında son 15 yılda yapılan kömür, sıvı yakıt ve gazla çalıştırma denemeleri başarıyla sonuçlanmıştır. Ortaya çıkan hava kirliliği sorunu çözülürse, tümü kömürle çalıştırılabilir. Özel atölyelerde çömlekçilik yapanlar, küçük elektrik fırınlarını yeğlerler; çünkü bunların yerleştirilmesi, denetimi ve iyi kullanılırlarsa bakımı kolaydır.

Fırınlar, kesikli ya da sürekli çalışabilir. Kesikli çalışanlarda, fırın doldurulur, istenen sıcaklığa çıkması sağlanır, belli bir süre sıcaklık aynı tutulur. Sonra soğutulur ve içindekiler çıkarılır. Sürekli çalışan fırınlar ise, aşağı yukarı hiç durmadan çalışacak biçimde yapılır.

Düşük sıcaklık fırınları: Şerbetçiotu kurutmak için kullanılan fırın, bu tür fırınlara verilecek en iyi örnektir. Tuğladan yapılan bu fırınların çoğu, daire biçimindedir. Çapları 6 m kadar olan bu fırınlar, tepeye doğru incelir. Tepelere, genellikle külah biçiminde bir şapka yerleştirilerek rüzgarlı havalarda, rüzgarın geri tepmesi önlenir. Şerbetçiotu, fırının tabanına yayılır; 65°C'ı aşmaması gereken sıcak havanın dolaşımı, vantilatörlerle sağlanır. Hava genellikle buhar dolu borularla ısıtılır. A.B.D'nde şerbetçiotu fırınlarının çeşitli tipleri vardır. Bu fırınlar ahşap, tuğla ya da betondan yapılır; ama kurutma, ilke olarak tümünde aynıdır.

Kereste fırını sıcaklık, nem ve havalandırma koşullarının, taze kereste gerekli ölçüde kurutuluncaya



kadar denetlenebileceği bir fırındır. Bu yöntem, açık havada bir yıl bekletilerek sağlanan kurutma işlemini bir haftaya indirir.

Sürekli fırınlar: Sürekli çalışan fırınların çeşitli tipleri vardır. Bunların en ilginci Hoffmann adlı bir demiryolu mühendisinin 1858'de yaptığı fırındır. Isıyı tutma ve verimi artırma açısından o güne kadar yapılanların en iyisi olan Hoffmann fırını, günümüzde de, bazı küçük değişikliklerle tuğla yapımında kullanılmaktadır. İlk yapıldığında yuvarlak bir tünel biçimindeydi; ama günümüzde kullanılanlar, birbirinden bağımsız bir dizi odacıktan oluşmaktadır. Sıcaklık, bu odaların birinden ötekine geçmektedir. Pişmemiş tuğlalar bir odacığa yerleştirilir. Yanma için gerekli soğuk hava, hava gözünden girer ve odacıklar arasındaki duvarlarda bulunan delikler yoluyla soğumakta olan tuğlaların bulunduğu odacıklardan geçerken ısınır. Isınmış hava, yakıtın yandığı bölgeye varır ve sıcak yanma ürünleri, odalarda yeralan tuğlaların üstünden geçerek, onları ısıtıp kurutur. Çıkış gazları, borulardan geçerek bacadan atılır.

«*Tünel*» adı verilen bir başka fırın ise, Hoffmann fırınından yaklaşık 50 yıl sonra ortaya çıkmıştır. Pişirilecek eşyalar, genellikle hidrolik itme sistemiyle çalışan araçlarla ağır ağır tünelden geçer. Tünel, çeşitli bölümlere ayrılmıştır. Eşya, önce soğutma bölümünden gelen ısınmış havayla hafifçe ısıtılır; ardından pişirme bölümünden geçer. Son olarak, soğutma bölümüne gidip, tünelin çıkış kapısından çıkar.

Çimento endüstrisinde (Bk. ÇİMENTO ÜRETİMİ) toz kömür, sıvı yakıt ya da gazla 1 500°C'a kadar ısıtılan *döner* fırınlar kullanılır. Bu fırınlar, hafifçe eğimlidir ve hammaddeler (tebeşir ve kil çamuru ya da öğütülmüş kireçtaşı ve kiltaşı) içeri verilip, ısı yardımıyla klinker haline gelene kadar yavaş yavaş döner.

Benzer fırınlar, kireç (CaO) yapımında da kullanılır. Dikkatle öğütülmüş kireçtaşı ($CaCO_3$), fırında yakılır ve çıkan karbon dioksit gazı ya dışarı atılır ya da yararlı bir yan ürün olarak toplanır. Geniş, dikey ve hareketsiz olan eski kireç fırınları, günümüzde de birçok ülkede kullanılmaktadır.

FIRIN (metalürji)

İ.Ö. 3 000 yıllarında, Mezopotamya'da Sümerler, çanak çömlek pişirmede 1 200°C'a kadar ısınan ve içindeki hava akımı denetlenebilen kapalı fırınlar kullanıyorlardı. Bir çukurun iç çeperine taş ya da kil döşenerek yapılan bu ilkel fırının yerini, metal üretiminde kullanılan toprağa gömülü pota fırını aldı. Tunç devrinde, daha da ileri bir fırın tipi geliştirildi. «Şaft fırını» adı verilen bu fırın, çanak çömlek fırınından türemiş olduğu sanılan bir metal eritme fırınıydı.

Metalürji fırınları, kesikli ya da sürekli çalışabilir. Kesikli çalışan fırına işlenecek madde, fırın soğukken konur, istenen sıcaklığa kadar ısıtılır, soğutulur ve dışarı çıkarılır. Çeşitli biçimler alan bu fırınların en yalını, kutu biçimindedir. Sürekli fırınlar çeşitli bölümlerden oluşur: Ön ısıtma bölümü; pişirme bölümü; soğutma bölümü. İşlenen madde bu bölümlerden, hidrolik bir iticiyle itilen taşıyıcılar üstünde geçer.

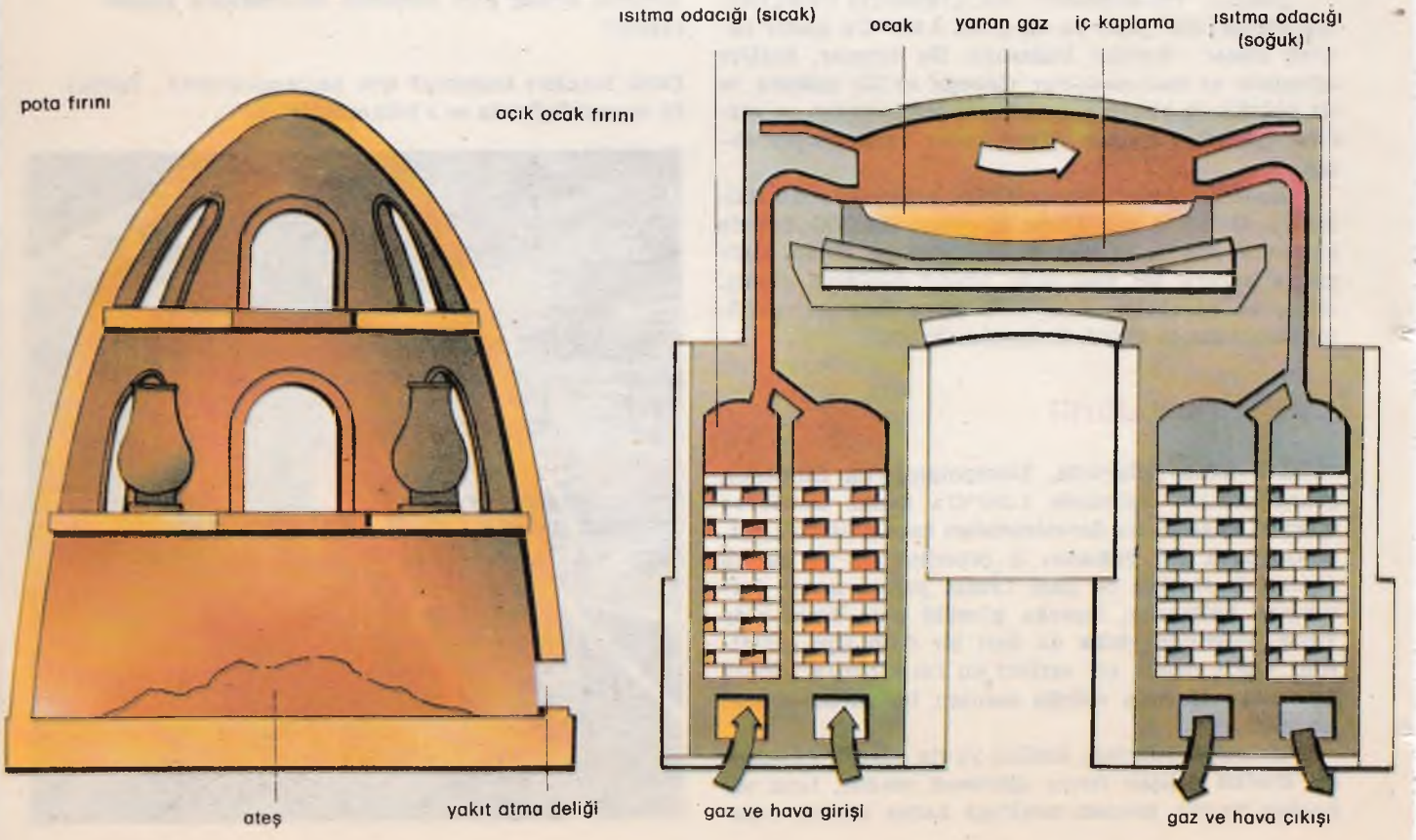
Yapısı: Metalürji fırınlarının yapımında kullanılacak tuğlalar, çeşitli etmenlere göre belirlenir: En yüksek pişirme derecesi; atmosfer koşulları; erimiş metal, cüruf ve yanma gazlarının sıcağa dayanıklı

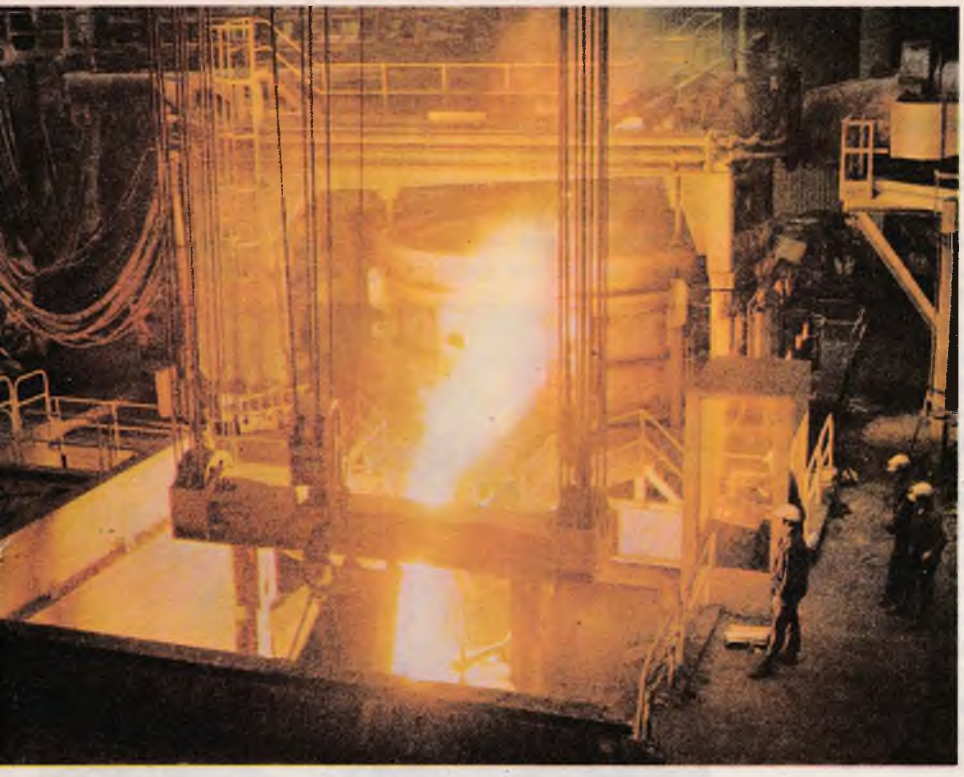
Sheffield'de (İngiltere) sementasyon fırınları (1880'lerden kalma). Bu tip fırında çelik, dövme demirin birkaç gün karbonla ısıtılmasıyla yapılır. (üstte)

Çelik boruları tavlamak için kullanılan fırın. (altta) 76 m uzunluğunda ve 3 bölümlüdür.

Bir fırında sıcaklığın denetlenmesi. (üstte) İngiliz Ford firması, motor bloğu ve öteki otomobil parçaları için, pik demir dökümü yapmaktadır. Bu yüksek fırın (sağda), günde 350 ton pik üretmektedir. 48 fırında, birçok yan ürün dışında, kömürden kok da üretilir.

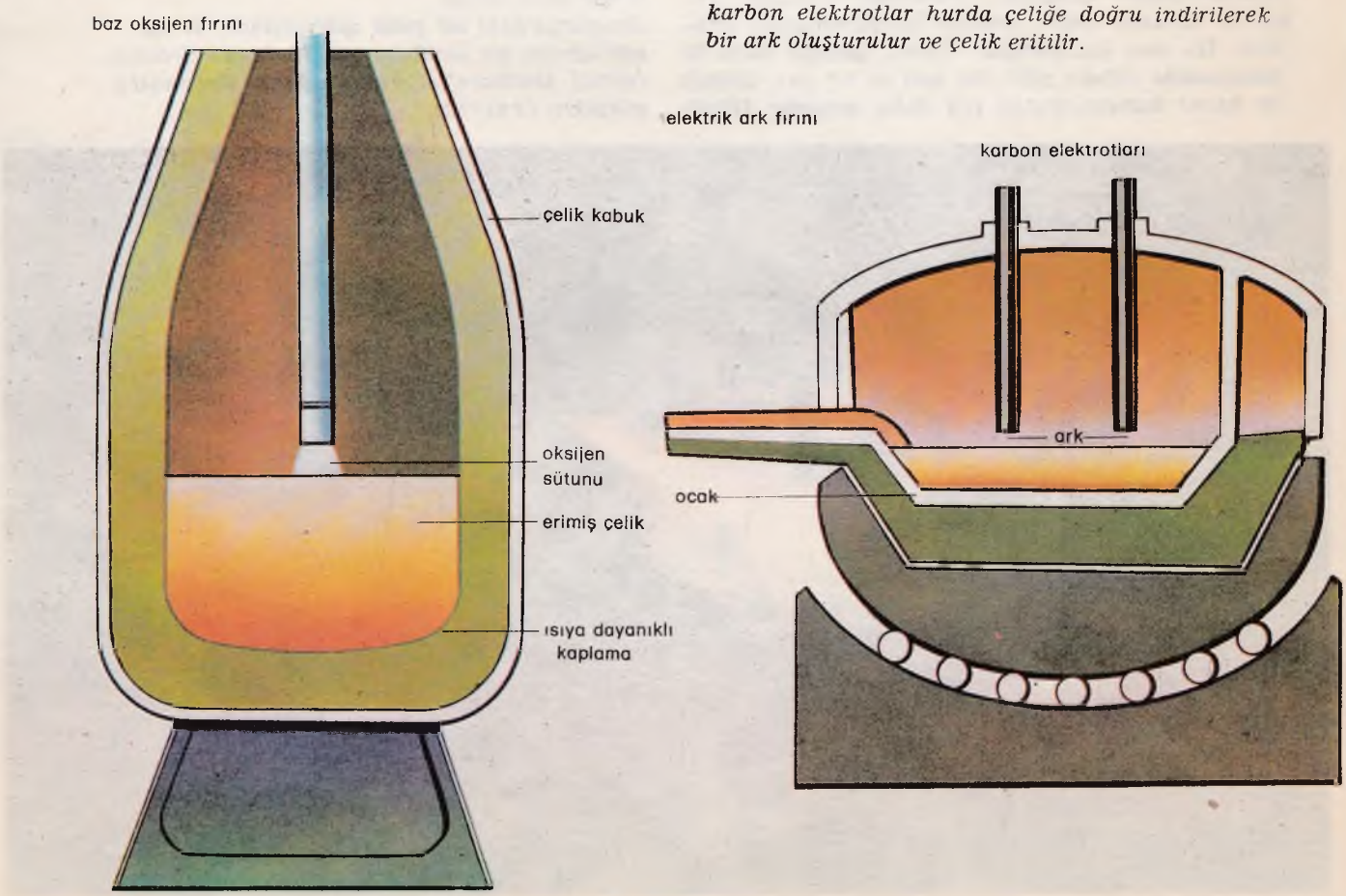
1750 yıllarında kullanılan ve ilk pota fırınlardan olan bir Alman cam fırını. (altta) Çelik yapımında kullanılan açık ocak fırınında, gaz ve hava karışımı, önceden ısıtılmış bir odacıktan girer, fırındaki pik ve hurda demir yüzeyi üstünde yanar.





Elektrik indüksiyon fırınından pirincin dökülmesi. (üstte) Metal burada, indüksiyon «transformatörü»ndeki ikincil bobinin yerini tutar.
130 ton kapasiteli, elektrik ark fırınından çıkan erimiş çelik. (solda) Elektrotlar kısaldıkça, yavaş yavaş fırının içine doğru indirilir.

Bir baz oksijen fırını. (altta) Suyla soğutulan borudan üflenen oksijen, erimiş çelikteki yabancı maddelerle birleşir ve birlikte atılır. Elektrik ark fırınında, karbon elektrotlar hurda çeliğe doğru indirilerek bir ark oluşturulur ve çelik eritilir.



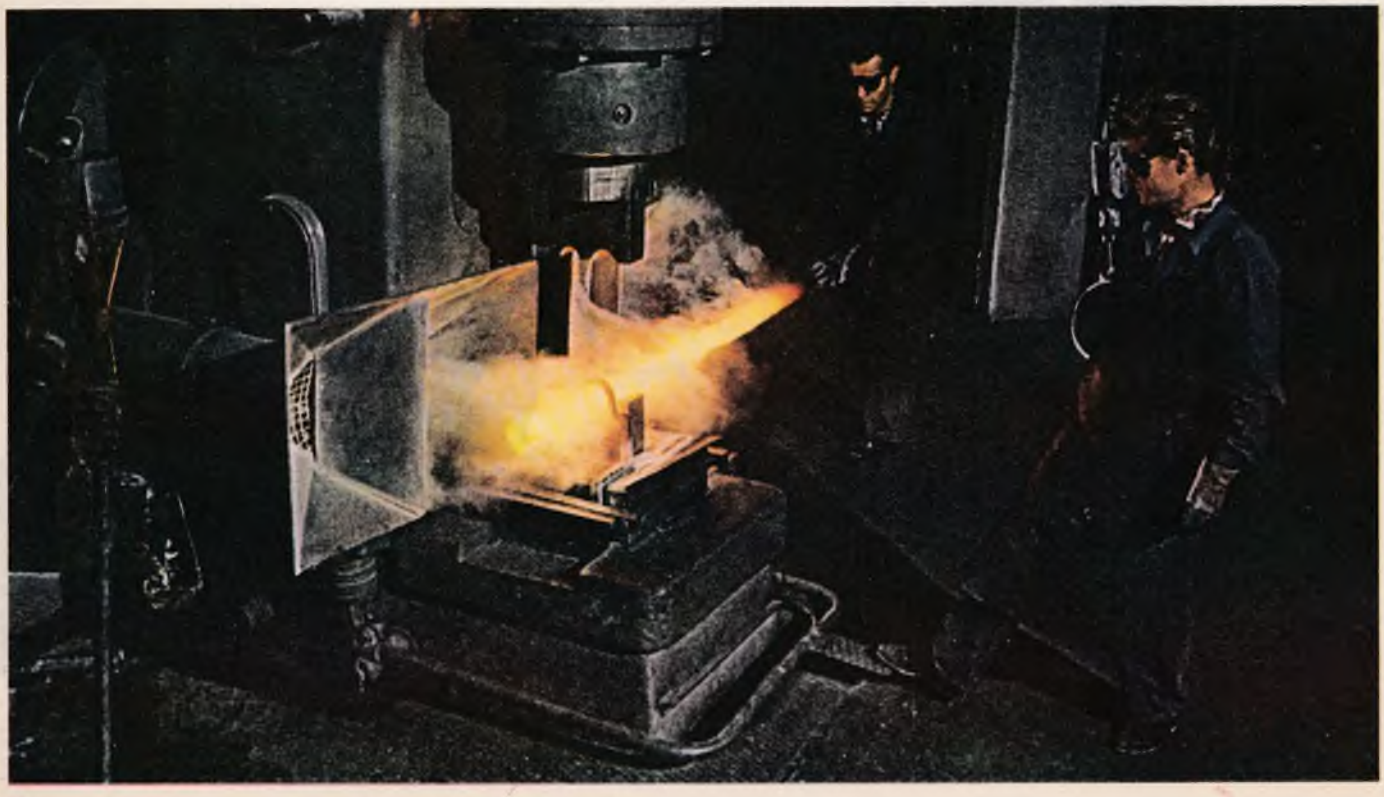
(refrakter) duvarlarla yapacağı tepkime. Fırının, ısıtma ve soğutma sonucu genleşip büzülmeyecek yapıda olması gerekir. Apansız sıcaklık değişikliğine yolaçan işlemlerde, ısıl şoka dayanıklı kaplama malzemesi kullanılır. Tuğla yapının kararlılığını sağlamada genleşme bağlantıları, bağlantı çubukları ve kirişler büyük önem taşır. Çimento benzeri maddeler püskürtülerek *monolit* bir tabaka oluşturma ve seramik elyafından örtülerin taşıyıcı tuğla yapısına tutturulması gibi yöntemler, günümüzde çok kullanılmaktadır. Porselen kili ile ateş kili, ısıya dayanıklı maddelerdir ve ancak 1 700°C'ın üstündeki sıcaklıklarda erirler. Kullanılan öteki malzemeler silis, magnezit, dolomit ve alümin'dir.

Yakıtlar: En çok kullanılan yakıt kömürdür; ama hava kirliliğinin gündeme gelmesi, yakma yöntemlerinin değiştirilmesine yolaçmıştır. Izgaralara kürekle katı yakıt atma işlemi, yerini mekanik ateşçilere bırakmıştır. Ne var ki, külleri atma sorunu ve metal borular ile vantilatör kanatlarını aşındırabilen kükürt oksitlerinin zararlı etkileri sürmektedir. Günümüzde birçok santralda toz kömür kullanılmakta ve atmosfere atılan zehirli gazlar ile toz miktarını en aza indirmek için, önlemler alınmaktadır.

Birçok yerde fırınlar, katı yakıttan sıvı ya da gaz yakıta çevrilmiş ve bu yakıtların kullanımı, daha gelişmiş fırın ve yakıcı tasarımlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yakıcının tasarımı, yakıt ve havanın doğru oranda karıştırılmasına bağlıdır. İki gazı karıştırmak (metan gazının hava ile yanmasında olduğu gibi), bir katı ile bir gazı (kömür ile hava) karıştırmaktan çok daha kolaydır. Günümüzde bazı yakıcılar, küçük bir ayarlamayla hem gaz, hem de sıvı yakıtla çalışabilmektedir. Son yirmi yılda hem kömür, hem akaryakıt, hem de gazla çalışan fırınlar yapılmıştır; ama büyük bir olasılıkla, gelecekte katı yakıta dönülecektir.

Kömür, gaz ve petrolün yanma sürecinde, temelde karbon ve hidrojenden oluşan yakıt yanar ve

Kanallı indüksiyon fırını. (üstte) Pirincin kütle halinde eritilmesinde kullanılır. 262 kg kapasitesi ve 75 kW gücü vardır.
Avusturya'daki bir çelik işletmesinde, 45 kg ağırlığında bir molibden elektrodunun üretimi. (altta) Molibden'in erime noktası olağanüstü yüksektir (2 610°C).



çıkan ısı iletim, taşınım ve ışınım yoluyla ısınacak maddeye ulaşır. İletim, bir demir çubuğun ısınmasında olduğu gibi, ısının katılardan geçişi sırasında olur. Taşınım, sözgelimi fırındaki sıcak gazların çevresinde dolaştıkları maddelere ısılarını vermeleriyle sağlanır. Isı ışınımının geçişiyse, elektrik ocaklarındakine benzer.

Yanma ürünleri, karbon dioksit ve yanma havasındaki azotla karışmış su buharıdır. Fırın denetimi yakıt ve hava girişinin bir yakıcıda ayarlanmasıyla yapılır. Böylece, iyi yanma koşullarının sağlanması için, yakıt-hava oranı uygun biçimde belirlenir. Söz konusu yanma sürecinin biçimine göre, fırındaki atmosfer koşulları, fazla hava varsa yükseltgen, hava azsa ve yanmamış gazlar varsa indirgen, hava-yakıt oranı tam ise etkisizdir.

Fırındaki yanma gazlarının, oksijen ya da karbon dioksit yüzdesi ölçülerek, fırından en yüksek verim elde edilebilir.

Elektrik fırınları: Ana şebekeden gelen elektrik, doğrudan ısı enerjisine çevrildiğinden, bu fırınlar bir yakma işlemi gerektirmez. Üç temel elektrik fırını tipi vardır: Elektrik direnç fırını; elektrik ark fırını; elektrik indüksiyon fırını. En sık raslananı, içinden elektrik akımı geçince ısınan tel sarılmış elemanlar ile bir kutudan oluşan elektrik direnç fırınıdır. Çıkan ısı, elemanın direnci ve akımın karesi ile orantılıdır. Elemanlar, ısıya dayanıklı taşıyıcı yapının içine yerleştirilir. En yüksek çalışma sıcaklığı, elemanlarda kullanılan tele bağlıdır. Silisyum karbür (1 450°C) ve molibden disilisür (1 700°C) gibi, metal olmayan elemanlar da kullanılabilir. Bu tip fırınların denetimi otomatik olarak yapılır.

Elektrik ark fırınında, fırının iç kaplaması, ısıya dayanıklı, nitelikli malzemeden yapılır. Kömür ve grafitten yapılan elektrotlar, genellikle fırın tavanına yerleştirilir ve fırının içine sarkıtılır. Elektrotlar kısaldıkça, fırının içine doğru indirilir. Bir ark oluşturulur ve ortaya çıkan ısı, metalleri eritir. Eriyen metaller, musluklardan dışarı alınır. Bazı durumlarda fırın yana da yatırılabilir.

Metal eritme ve *ısıl işlem* için kullanılan elektrik indüksiyon fırınında, enerji kaynağı ile fırındaki malzemeler arasında elektrik bağlantısı yoktur. Fırının çalışma ilkesi transformatörlerinkine benzer: Bobin, birincil; fırın içindeki metal malzemeler ise, ikincil sarımdır. Metalin eritildiği kap, suyla soğutulan bir sargıyla çevrilidir. Aradaki boşluk, yalıtım maddesiyle doludur. Sargıya yüksek frekanslı bir güç uygulanır ve metalde indüklenen enerji, yüksek sıcaklıklara yükselebilecek ısı olarak ortaya çıkar.

FIRLATMA KOLTUĞU

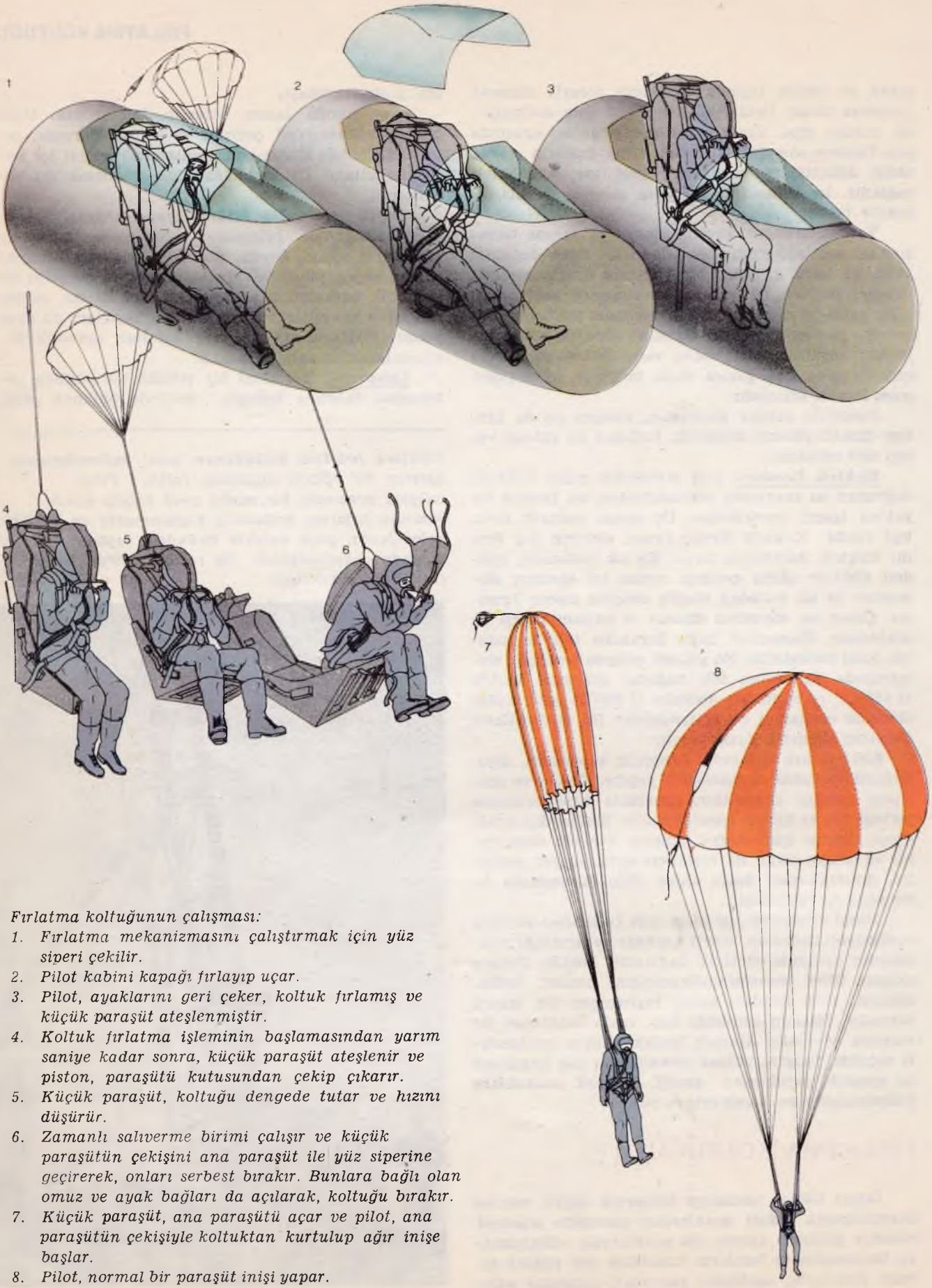
İkinci Dünya savaşının sonlarına doğru, tehlike durumlarında askeri uçaklardan paraşütle atlamak oldukça güçleşti. Ayrıca, jet uçaklarının kullanılmaya başlanması ve bunların hızlarının çok yüksek olması nedeniyle, uçakların yanından paraşütle atlama işi olanaksızlaştı.

1944 yılında James Martin, Londra'daki Uçak Yapım Bakanlığı'na çağrıldı ve av uçaklarında, pilotların tehlike durumunda kullanabilecekleri bir paraşütle atlama donanımı üstünde araştırma yapması istendi.

Çeşitli seçenekler üstünde yapılan araştırmalar, pilot koltuğunun fırlamasını sağlamanın iyi sonuç vereceğini ortaya koydu. Koltuğun uçaktan fırlamasından sonra, pilot, koltuğu atabilecek ve çekeceği bir kordonla paraşütünü açabilecekti. Bu sistem, zamanın hava kuvvetlerince öne sürülen koşullara da uyuyordu: Fırlatma sistemi, elde bulunan güvenlik donanımlarından yararlanacaktı.

Çalışması: Herhangi bir tehlike durumunda çalıştırılan fırlatma koltuğu, üstünde bulunan pilot,

Pilotlara fırlatma koltuğunun nasıl kullanılacağını öğreten bir eğitim çalışması. (altta) Pilot, çalışma sırasında, bir model pilot kabini içinde bulunan fırlatma koltuğuna bağlanmakta ve koltuk fırladığında, çelik kulenin önündeki raylar üstünde yükselmektedir. Bu resim, 1949'da Devon'da (İngiltere) çekilmiştir.



Fırlatma koltuğunun çalışması:

1. *Fırlatma mekanizmasını çalıştırmak için yüz siperi çekilir.*
2. *Pilot kabini kapağı fırlayıp uçar.*
3. *Pilot, ayaklarını geri çeker, koltuk fırlamış ve küçük paraşüt ateşlenmiştir.*
4. *Koltuk fırlatma işleminin başlamasından yarım saniye kadar sonra, küçük paraşüt ateşlenir ve piston, paraşütü kutusundan çekip çıkarır.*
5. *Küçük paraşüt, koltuğu dengede tutar ve hızını düşürür.*
6. *Zamanlı salıverme birimi çalışır ve küçük paraşütün çekişini ana paraşüt ile yüz siperine geçirerek, onları serbest bırakır. Bunlara bağlı olan omuz ve ayak bağları da açılarak, koltuğu bırakır.*
7. *Küçük paraşüt, ana paraşütü açar ve pilot, ana paraşütün çekişiyle koltuktan kurtulup ağır inişe başlar.*
8. *Pilot, normal bir paraşüt inişi yapar.*

paraşüt ve ilk yardım paketiyle birlikte uçaktan dışarı atılır. Fırlatma işlemini gerçekleştiren fırlatma tabancası, uçağın içine, pilot koltuğunun arkasına dikey durumda bağlanır ve koltuğu, sesüstü hızla yol alan uçaktan bile oldukça uzağa fırlatacak kadar güçlüdür.

Bazı koltukların altına, fırlatma yüksekliğini artırma amacıyla, fırlatma tabancasına ek olarak, küçük bir roket motoru takılır. Koltuk uçaktan ayrılırken, roket de çalışmaya başlar ve koltuğu, üstündekilerle birlikte yaklaşık 90 m yüksekliğe fırlatır. 90 metre, fırlatmanın yerdeki uçaktan yapılması durumunda bile, paraşütün güvenle açılmasını sağlamaya yeterlidir. Bu özellik, dikine kalkış, iniş ya da kısa kalkış, iniş yapan uçaklar ile yere yakın düzeyde pikeye geçen uçaklarda çok değerli bir gelişmedir.

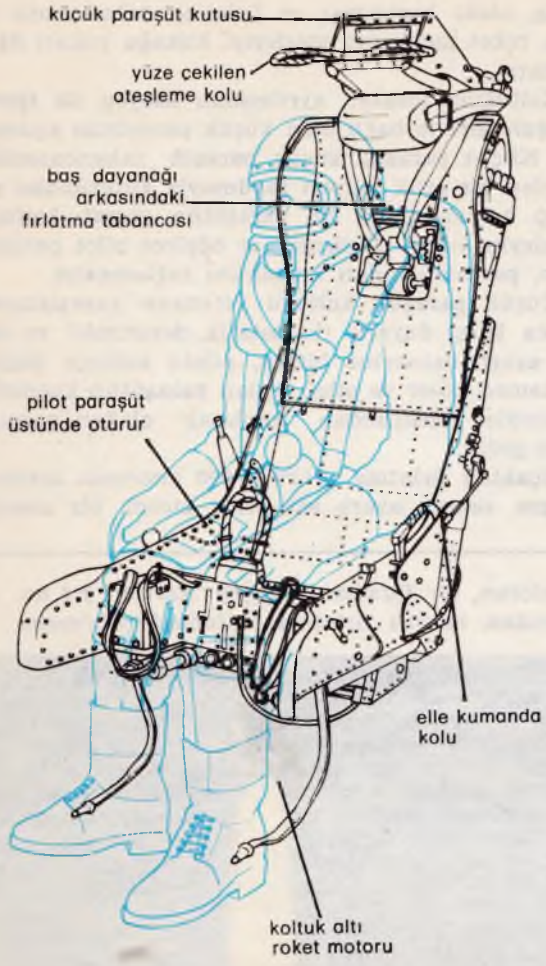
Fırlatma işlemini başlatmak için pilot, başının üstünde ya da dizlerinin arasında bulunan bir kolu çeker. Bazı uçaklardaysa, pilotun yüzünü rüzgardan koruyan siperler vardır. Bu siperin ya da kolun çekilmesiyle, önce, pilot kabininin üstündeki kapak (kanopi) fırlayıp gider; ardından da ateşlenen bir kartuş, öteki kartuşları ve fırlatma tabancasını ve varsa, roket motorunu ateşleyip, koltuğu yukarı doğru fırlatır.

Koltuğun uçaktan ayrılmasını izleyen ilk işlem, koltuğun üstüne bağlı olan küçük paraşütün açılmasıdır. Küçük paraşüt, küçük paraşüt tabancasından fırlatılan bir çelik kurşun yardımıyla kutusundan çıkarılıp hemen açılır. Bu paraşütün görevi, koltuğu dengeleyip, hızını düşürmek ve böylece pilot paraşütünün, parçalanmadan açılmasını sağlamaktır.

Küçük paraşüt, koltuğu yeterince yavaşlatınca, basınca karşı duyarlı (barostatik denetimli) ve zaman ayarlı salıverme birimi, pilotu koltuğa bağlayan kemeri çözer ve pilot, açılan paraşütün kendisini çekmesiyle, koltuğundan ayrılarak olağan paraşüt inişine geçer.

Uçaktan fırlatma işlemi, 3 000 metrenin üstünde olmuşsa, zaman ayarlı salıverme birimi, bir aneroit

Bir pilotun, bir Hawker Siddeley 'Harrier' jet av uçağından, roketli fırlatma koltuğuyla atılması.



Roketli fırlatma koltuğu. (üstte) Elle kumanda kolu, pilota, paraşütü istediği zaman açma ve koltuktan kurtulma olanağı sağlar.

altimetre ya da barometre gibi, atmosfer basıncıyla çalışan barostatla denetlenir ve daha geç çalışır (yükseklik arttıkça, atmosfer basıncı düşer). Ana paraşütün açılması bu yüksekliğe kadar geciktirilerek, pilotun, soğuk ve düşük yoğunluklu üst atmosfer tabakalarından kısa sürede inmesi sağlanır. Koltukta, ayrıca, fırlatma sırasında otomatik olarak çalışmaya başlayan ve pilotun rahat soluk almasını sağlayan bir oksijen sistemi de bulunmaktadır.

Fırlatma ve paraşütün açılıp, koltuğun ayrılması işlemleri otomatik olarak gerçekleşir; ama bu sistemlerden birinin bozulması durumunda pilot, paraşütünü, bir kordonu çekerek elle de açabilir.

Kurtarma kabinleri: Ses hızının çok üstündeki hızlarda uçmakta olan uçaklarda, fırlatma koltukları kullanılmaz. Çünkü pilot, çok yüksek ve apansız hız düşüşleriyle karşılaşır: Pilota çarpan hava akımı, üstündeki uçuş giysisini, başlığını ve oksijen maskesini parçalayabilecek ya da söküp götürecek güçtedir. Bu sorunun çözümü için, çağdaş av ve bombardıman uçaklarının pilot kabinleri, bir tehlike durumunda, fırlatma tabancaları ve roketlerle uçaktan ayrılabilecek biçimde yapılır. Kabinde, düşüş hızını kesmeye ve dengelemeye yarayan paraşütler ile pilotların yeterli yükseklik ve hıza eriştiklerinde atlayabilmeleri için fırlatma koltukları bulunur.

Yardımcı gereçler: Fırlatma koltuğunda, paraşütün yanı sıra, yaşam koşullarının güç olduğu bölgelere inen pilotların kullanabilmesi için bir yardım paketi bulundurulur.

Paraşütle atlayan pilot, bir göle ya da denize inerse, üstündeki can yeleğinden başka, kendiliğinden şişen kauçuk bot kullanır. Bu yardım paketindeki en önemli araçlardan biri de, pilotun kendini arayan öteki uçaklara ve gemilere yerini bildirmesini sağlayan verici radyodur. Yardım paketinde ayrıca, sinyal verme aygıtları, koruyucu giysiler, besin maddeleri ve balık avlama donanımı gibi gereçler bulunur.

Fırlatma koltuğu, modern askeri uçakların en önemli parçalarından biridir. Yalnızca Martin-Baker firmasının yaptığı fırlatma koltukları, bugüne kadar 4 250'den fazla pilotun yaşamını kurtarmıştır.

FIRLATMA SOPALARI Bk. BUMERANG VE BENZERLERİ

FİBERGLAS Bk. CAM ELYAFI

FİLM

İlk kullanılabilir fotoğrafçılık sistemi 1839 yılında, L.J.M. DAGUERRE tarafından ortaya atıldı. Bunu, 1841'de Fox Talbot'nun «kalotip» yöntemi izledi. İki yöntemde de ışığa duyarlı temel malzeme, gümüş iyodürdü. Daguerre, gümüş iyodürü, bir aynanın üstüne ince bir tabaka halinde sürmüş, Talbot ise, kağıt liflerine emdirilmiş biçimde kullanmıştı.

İki yöntemde de, ışık verme sonucu ortaya çıkan *gizli görüntü*, ancak banyo işlemleriyle görünür kılınabiliyordu. Çağdaş fotoğrafçılığın atası sayılan kalotipte geliştirilen görüntü, negatifti; yani görüntünün üstündeki en karanlık bölgeler, en çok ışık alan bölgelerdi. Bu negatif görüntünün başka bir duyarlı kağıt üstüne «basılmasıyla», pozitif bir görüntü elde ediliyordu.

1851 yılında F. Scott Archer, gümüş iyodürü, cam üstüne sürülmüş bir *kolodyum* tabakasının içinde çökeltmeyi başardı. Kolodyum, nitratlı selüloz ya da pamuk barutunun, eter ve alkolle karışımından elde edilmiş ağdalı bir çözeltiydi. Kuruduktan sonra, çok sayıda yetkin baskı verebilecek nitelikte katı ve saydam bir film oluştururdu. Ancak, developman çözeltisi kurumuş olan filmi etkileyemeyeceği için, tabakaların ışık gördükten sonra, birkaç dakika içinde banyo edilmesi gerekirdi. Kolodyumu ıslakken banyo etme zorunluğu, yöntemi kullanışsız kıldı.

1871'de Dr. R. L. Maddox, kolodyum yerine hayvan derisi ve kemiklerinden elde edilen jelatin kullandı. Kuru jelatin suda yumuşadığı için, bu tabakalar kuru olarak çekilip sonradan develope edilebiliyordu. Fotoğraf çekiminin, filmin hazırlanmasına ve banyo edilmesine ilişkin işlemlerden ayrılması, fotoğrafçılık endüstrisinin hızla gelişmesine yolaçtı. İlk gerçek film, cam plaka yerine eğilip bükülebilen plastiğin kullanılabildiği 1889 yılında üretildi. Bu gelişme, çağdaş fotoğrafçılık döneminin başlayışını simgeler.

Fotoğraf filmi, temel olarak, çözülmeyen gümüş tuzu (gümüş klorür, bromür ya da iyodürler, genel olarak gümüş tuzu diye adlandırılır) billurları ya da *gren* içeren ince bir jelatin tabakasından oluşur. Jelatin içindeki bu asıltıya *emülsiyon* denir. Grenlerin büyüklüğü 0,01 mikrondan 3 mikrona kadar değişebilir. Tabakanın kalınlığı ise, bir cm'nin yüzde biri kadardır.

Işık, gümüş tuzlarını gümüşe ve jelatin ya da tabakadaki öteki maddelerle tepkiyen serbest halojene dönüştürür. Normal fotoğraf makinalarında verilen poz sonucu ortaya çıkan gümüş miktarı son derece küçüktür ve ancak developman aşamasından sonra gözle görülebilir. Bu nedenle, filmde oluşan ilk görüntüye «gizli (saklı) görüntü» denir.

Gümüş tuzlarını gümüşe dönüştürebilen kimyasal maddelere «developman» adı verilir. İşlemin temelinde, gizli görüntü içeren grenlerin developmandan, ışık görmemiş grenlerden daha hızlı etkilenmesi yatmaktadır. Normal bir developman, ışık görmüş grenleri tümüyle gümüşe dönüştürür. Gümüş, birbirine girmiş lifler halinde siyahlaşırken, ışık görmemiş grenler, bu süreçten aşağı yukarı hiç etkilenmez. Grenler bağımsız birimlerdir. Her gren, ya bütünüyle gümüşe dönüşür ya da hiç etkilenmez. Ara tonlar, grenlerin belli bir düzeye kadar değişikliğe uğraması yoluyla değil, bazılarının bütünüyle değişip bazılarının değişmemesiyle elde edilir. Emülsiyondaki grenlerin tümü ışığa karşı aynı duyarlıkta değildir.

Fotoğraf yoluyla ortaya çıkmış bütün görüntüler grenlidir (taneli). Grenlerin boyu büyüdükçe, fotoğrafın taneli yapısı belirginleşir. Grenlerin boyutlarını büyütmek, filmin ince ayrıntıları saptama özelliğini azaltır, ama ışığa duyarlığını çoğaltır. Develope edilebilecek bir gren oluşturabilmek için, poz verme süresinin sonunda ortaya çıkan gümüş miktarı, grenin büyüklüğüne bağlı değildir; ancak, de-

Emülsiyon, paslanmaz çelikten yapılan büyük kazanlarda karıştırılır. (altta solda) İjelatin çözeltisine önce potasyum bromür, iyodür ya da klorür karıştırılır. Ardından, gümüş nitrat katılır. İstenmeyen tuzlar, yıkanarak atılır. Renk duyarlığı sağlayan maddeler, kaplama işleminden önce eklenir.

Emülsiyon üretiminin ve kaplama işlemlerinin çoğunun, karanlıkta yapılması gerekir. Resimde (altta sağda), filme bir destek kaplaması uygulandığından, işlem ışıkta yapılmaktadır. Çeşitli kaplama yöntemleri vardır; burada emülsiyon, kayan filmin üstüne ince bir yarıktan dökülmektedir. Bu yolla aynı anda, birden çok tabaka kaplanabilmektedir.

velopman işlemi sırasında ortaya çıkacak olan gümüş miktarı, grenlerin büyüklüğüne bağlı olarak artar. Bu yüzden, ışık görmenin ilk etkisinin development işlemi sırasında katlanarak çoğalması da, grenlerin büyüklüğüne bağlı olarak artar. Development sırasında elde edilen bu artış, çok büyük boyutlara ulaşır. Duyarlı grenlerden, develope edilebilecek bir etki elde etmek için, yalnızca 4 gümüş atomunun bulunmasının yeterli olacağı ileri sürülmektedir. Büyük çaplı bir fotoğraf greni developmanının ise, yaklaşık 100 000 000 000 gümüş atomu oluşturduğu düşünüldüğünde, filmlerin ne kadar duyarlı olduğu ortaya çıkar.

Development işlemlerinden sonra, değişmemiş olan gümüş tuzu grenleri, genellikle sodyum ya da amonyum tiosülfat karışımı bir çözeltide çözülür ya da başka bir deyişle «tespit edilir». Öteki kimyasal maddeler ise, yıkanır ve film kurutulur (Bk. FOTOĞRAF BANYO İŞLEMLERİ).

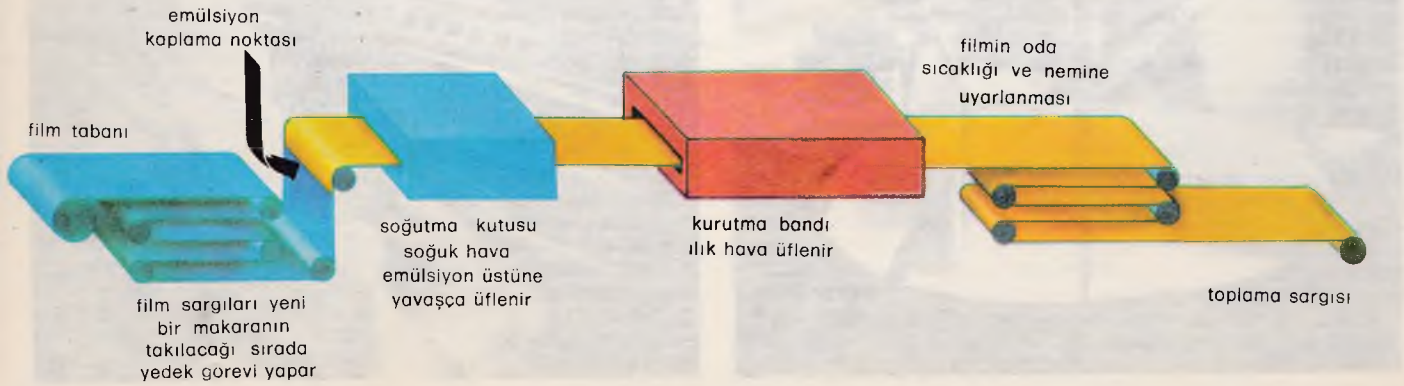
Gümüş tuzlarının gümüşe dönüştürülmesi sırasında, belli bir miktar development da dönüşür, yani yükseltgenir. Siyah-beyaz filmde gümüş gereklidir, ama yükseltgenmiş olan development, tespit etme ve yıkama işlemleriyle ortadan kaldırılır. Buna karşılık, renkli fotoğraflarda, gümüşün verdiği görüntü ortadan kaldırılıp, görüntüye renk vermesi için yükseltgenmiş olan development kullanılır.

Gümüş klorür grenleri, yalnızca morötesi ışınlara duyarlıdır. Gümüş bromürün, hattâ gümüş iyodürün duyarlığı, tayfın gözle algılanabilen renklerine de ulaşır, ama mavi renkten ötesine geçemez. Renk maddeleri, değişik renklerin ışıklarını soğurur; bazıları da soğurdukları ışığın enerjisini fotoğraf grenlerine aktarma özelliği taşır. Bu renk maddeleri, grenleri istenen renkleri veren ışıklara karşı duyarlı kılmada kullanılır. Bu duyarlılık, tayfın gözle görülebilen renklerini kapsar, hattâ kızılaltı ışınlara bile ulaşabilir.

İlk yapılan siyah-beyaz filmler, renk maddeleriyle duyarlılaştırılmamış olduklarından, yalnızca mavi ışığa duyarlıydı. Bu nedenle fotoğraflarda garip tonlamalar ortaya çıkıyordu. Daha sonra, emülsiyonları yeşil ışığa duyarlı olan *ortokromatik* filmler, ardından da «*pankromatik*» denilen, bütün renklere duyarlı siyah-beyaz filmler yapıldı.

Filmlerin duyarlığı ya da *hızları*, az duyarlı olan *(yavaş)* filmlerin küçük sayılarla, çok duyarlı *(hızlı)* filmlerin ise büyük sayılarla belirtileceği biçimde düzenlenmiştir. İki temel duyarlık ölçme sistemi vardır: ASA; DİN. ASA sisteminde duyarlık iki katına çıktığında, sayı da iki katına çıkar. DİN'de ise bu artış, sayıya 3 eklenerek gösterilir. Böylece, normal duyarlıkta bir siyah-beyaz filmin hızı, 125 ASA ya da 22 DİN olarak belirtilirken, bunun yarısı kadar duyarlıkta olan, sözgelimi renkli negatif film, 64 ASA ya da 19 DİN olarak belirtilir.

Gümüş tuzu grenlerinin, development işleminin değişik aşamalarında çekilmiş ve 15 000 kez büyütülmüş fotoğrafları. (solda) Bu grenler, daha tespit edilmemiştir. Tespit etme işlemi, tuz billurlarını ortadan kaldırıp, yalnızca gümüş grenleri bırakır.



Bir film kaplama düzeninin çizimi. (altta) Solda görülen makaralar, yeni makaranın takılması için film akışı durdurulduğunda, kaplama işleminin sürdürülmesini sağlar. Kaplamadan sonra emülsiyon tabakası çok ince olduğu için, soğutma ve kurutmada kullanılan vantilatörler bulundurulur. Kurutma sıcaklığı, kızılaltı ışınların filmi etkilemeyeceği bir sıcaklığa ayarlanmalıdır.

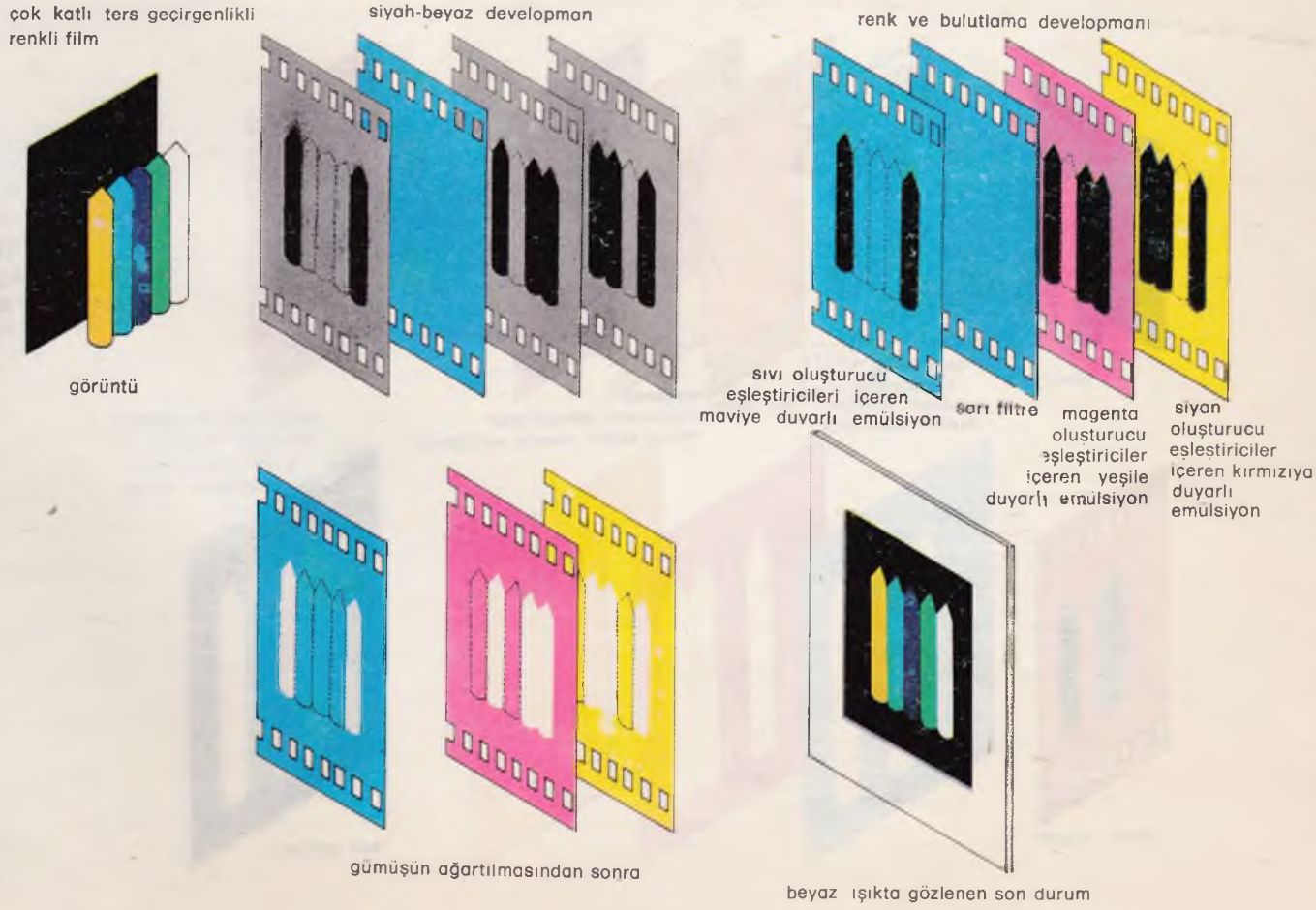
Renkli filmler: İnsan gözünde, temel olarak, sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi ışığa duyarlı olan algılayıcı tabakalar bulunur. Öteki renklerin ışığı ise, bu üç temel algılayıcının hangi ölçülerde uyarıldığına bağlı olarak algılanır. Çağdaş renkli filmler de üç tabakadan oluşur. Biri mavi, biri yeşil, biri de kırmızı ışığa duyarlı kılınmış bu tabakalar, bir «üçlü paket» oluştururlar. Bir tabakayı yeşil ya da kırmızı ışığa duyarlılaştırmak, onun mavi ışığa olan doğal duyarlığını ortadan kaldırmadığı için, maviye duyarlı tabaka en üste konulmuştur. Bu tabaka ile altındakiler arasına, mavi ışığın alttakine ulaşmasını engellemek için, maviyi süzen sarı bir süzgeç tabakası yerleştirilir.

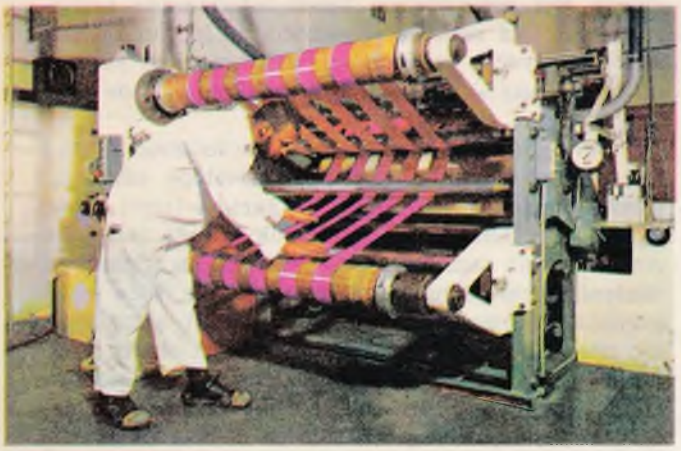
Renkli filmin tabakalarında, fotoğraf grenlerinin yanı sıra, «renk eşleştiricileri» de bulunabilir. Bunlar, bazı developmanların yükseltgenmiş haliyle tepkimeye girerek, boyarmaddeleri oluştururlar. Development sırasında gümüşün oluşması, buna uygun düşen miktarda yükseltgenmiş developmanın ortaya çıkmasıyla birlikte gelişir. Bu da, daha sonra eşleştiriciyle tepkimeye girip renkli görüntüyü oluşturur. Kırmızıya duyarlı tabakanın eşleştiricisi seçilince, oluşan boyarmadde kırmızı ışığı soğurur ve bu nedenle mavi-yeşil karışımı bir renkte (siyah) belirir. Aynı biçimde, yeşile duyarlı tabakalarda bir kırmızı-mavi (magenta), maviye duyarlı tabakada ise sarı renk oluşur. Her eşleştiricinin kendi tabakasında kalması gerekir: Bu nedenle eşleştiricilerin, jelatin tabakasına geçmeyecek biçimde ya büyük molekül yapısında olması sağlanır ya da yağ damlaları içinde eritilir.

Development aşamasını, hem görüntünün gümüşten oluşan bölümlerini, hem de develope edilmemiş gümüş tuzlarını temizleyen, «ağartma-tespit etme» işlemi izler. Genellikle çok küçük gümüş taneciklerinden oluşan sarı süzgeç tabakası da, bu işlemde temizlenip atılır. Sonra film suyla yıkanır. Elde edilen görüntü, yalnızca ton bakımından değil, resmi çekilen nesnenin gerçek renklerinin tersyüz olması anlamında da negatiftir. Bu negatif görüntüyü, doğru renkler taşıyan pozitif bir görüntüye dönüştürmek için, bir üçlü paket içeren film ya da kağıda yeniden basmak gerekir.

Amatör sinemacılıkta ve renkli slaytlarda kulla-

Renkli slaytların tek işlemde geliştirilmesini sağlayan üçlü paket. (altta) İlk development, her tabakada siyah negatif görüntü oluşturur. Film ışığa tutulur, böylece develope olmamış bölümler bulutlanır. Renk developmanı uygulandığında ise, çekilen nesnenin özgün renkleri oluşur. Son olarak siyahlar ağartılır.





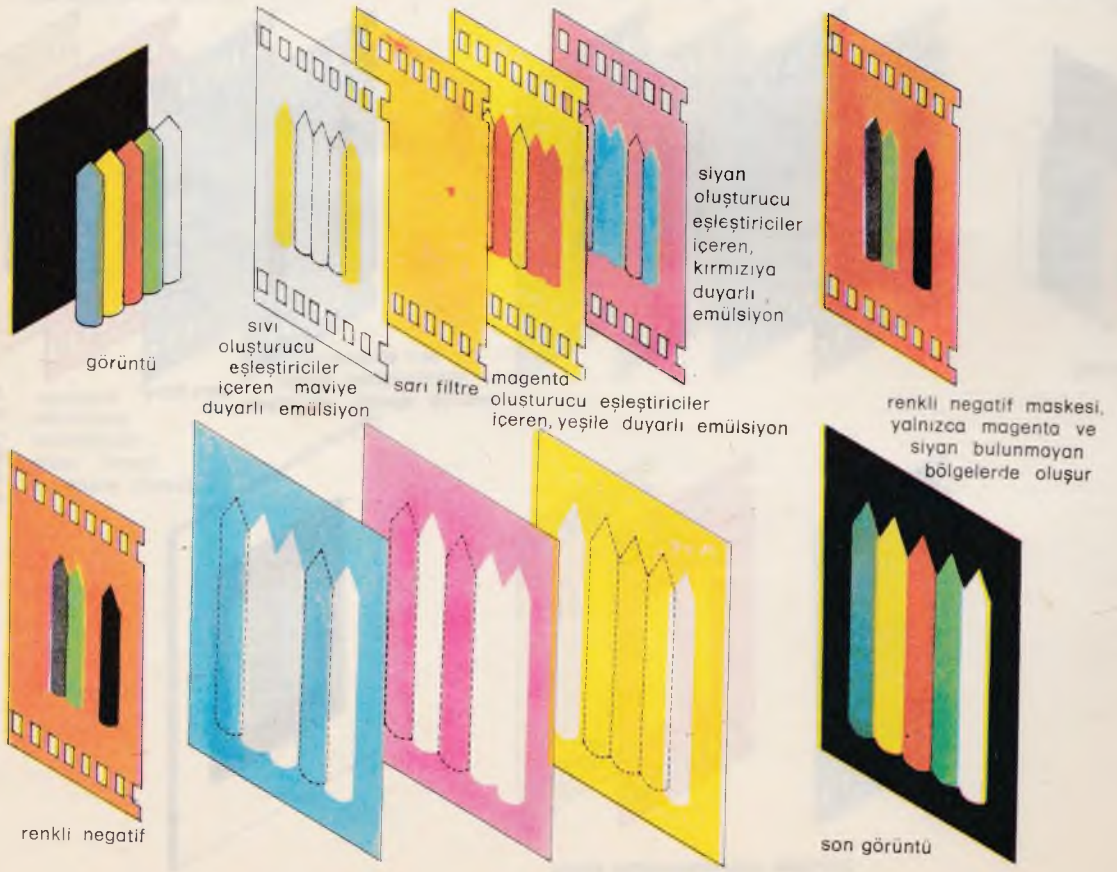
Malzeme (resimde kağıt), kaplandıktan sonra, ya burada olduğu gibi şeritlere ayrılır, ya da tabakalar halinde kesilir. Bu fotoğrafın (üstte) çekilmesi için gerekli olan ışık, kağıdın üstündeki emülsiyonu pembeleştirmiştir.

Negatif film ve kağıt kullanılarak yapılan renkli baskı. (altta) İlk developman işlemi, özgün renkleri ortaya çıkarır. Sonucu turuncu renkte gösteren maske, iki tabakadan oluşur. Kağıdın üstüne yapılan baskı, fotoğrafı çekilen nesnenin gerçek renklerini verir.

nılan doğrudan pozitif filmler ise, benzer yapıda olmalarına karşılık, değişik bir biçimde banyo edilirler. Bunlar, önce eşleştiricilerle tepkimeye girmeyen ve sonuçta renksiz gümüş negatifi veren bir developmanla banyo edilir. Ardından, ya ışığa tutularak ya da renkli developmanlarda bulunan uygun bir «bulutlama» bileşimiyle develope edilebilir duruma getirilir. Bu işlem, doğrudan pozitif renkli görüntü oluşturur ve istenmeyen develope edilmiş gümüş, daha önce olduğu gibi yıkanıp atılır.

Üretim: Fotoğraf emülsiyonları, gümüş nitrat ve sodyum ya da potasyum tuzu çözeltilerinin, sıcak jelatin çözeltisiyle karıştırılması yoluyla hazırlanır. Elde edilen emülsiyonun özellikleri, katılan gümüş tuzlarının (klorür, bromür, iyodür ya da bunların karışımları) niteliğine, karıştırma hızına ve gümüş tuzları için kullanılan çözücülerin bulunup bulunmamasına bağlıdır. Yavaş karıştırma ve küçük grenlerin yeniden çözülmesine, daha büyük grenlerin ise yeniden çökelmesine yolaçan çözücülerin kullanılması, daha büyük, daha duyarlı grenlerin oluşmasına neden olur. Jelatin ise, grenlerin büyüklüklerini denetler ve düzensiz yayılmalarını engeller.

Tepkime sırasında ortaya çıkan istenmeyen sodyum ya da potasyum nitrat, jelatinin topaklar halinde pıhtılaştırılmasıyla uzaklaştırılır. Pıhtılaşmış olan jelatin, grenlerle birlikte dibe çöker; istenmeyen nit-



ratlar ise, suyun içinde çözülmüş durumda kaldığından, kolayca alınıp atılır. Jelatin ve grenler daha sonra, temiz suya karıştırılır.

Grenlerin duyarlığı, çözeltiye küçük miktarlarda sülfür ya da altın bileşikleri eklenerek ve 50-55°C kadar ısıtılarak artırılır. Bu işlem, grenlerin yüzeyinde küçük miktarlarda gümüş ve altın sülfürlerinin oluşmasına yolaçar. Ardından, duyarlaştırıcı boyarmaddeler, renk eşleştiricileri ve emülsiyonun donukluğunu artırıcı, berraklaştırıcı ve jelatini sertleştirici bileşikler eklenerek, emülsiyon filme sürülecek hale getirilir.

Emülsiyonun sürüleceği filmler, bir-iki metre genişlik ve yüzlerce metre uzunlukta büyük toplar halinde gelir. Film yapımında birkaç değişik plastik türü kullanılmaktadır; bunların yanıcı olmaması, uzun süre esnekliğini koruyabilmesi ve yıkama işlemlerinde boyutlarının değişmemesini sağlamak için, suya dayanıklı olması gerekir. Ayrıca, yüzeylerinin çok düzgün olması da önemlidir. Fotoğraf kağıtları ise, emülsiyon sürülmeden önce beyazlığını koruması için, jelatinin beyaz bir tabakası olan *baritayla* (baryum monoksit) kaplanır.

Emülsiyonun sürülmesi için, erimiş emülsiyon, özenle işlenmiş bir yarıktan pompalanır ve kaplama noktasından geçen filmin üstüne eşit miktarda yayılması sağlanır. Film, jelatinin sertleşmesi için soğutulur. Sertleşmiş jelatin akmayacağı ve kurutulma sırasında bile düzgün kalacağı için, bu işlem özellikle önemlidir. Kaplanmış ve kurutulmuş film sarılır. Yeterli ışınlamayı almaları için, X ışını filmlerinin iki yüzü birden kalın bir tabakayla kaplanır. Renkli filmler üst üste değişik tabakalarla kaplanır ve çoğunun arkasına, parlak ışıkların çevresinde oluşan ışıklı yuvarlakların oluşmaması için, ışığı soğuran başka bir tabaka eklenir. Film istenilen genişliklerde kesilir; gerekliyse delikler açılır; boyları da kesilerek, satışa sunulmak için makaralara sarılır ve kasetlere yerleştirilir.

Alışılmış kullanımlar için yapılan filmlerin yanı sıra, X ışınlarını ya da nükleer ışınları saptayan filmler de yapılmaktadır. Mikrofotoğrafçılık ve entegre elektronik devrelerin üretiminde kullanılan filmler, özellikle küçük grenli üretilir. Gökbilimsel amaçlar için, uzun poz süreli özel filmler yapılır. Hava keşiflerinde kullanılan kızılaltı ışınlara duyarlı filmler de, özel olarak hazırlanmaktadır. «Anında» fotoğraf veren polaroid filmler ise, son yıllarda yaygınlaşmıştır.

Fotoğraf kağıtları, filmler kadar çeşitli değildir. Ancak, onlar da, kontrast ve yüzey düzgünlükleri bakımından değişik özellikler taşıyacak biçimde üretilir.

FİLM Bk. SİNEMA FİLMİ YAPIMI

FİLTRE, ELEKTRİKSEL

Elektriksel filtre, elektrik sinyalindeki istenmeyen frekansları geçirmeyen, istenenleri ise bozmadan geçirebilen bir aygıttır. Bu filtreler, frekansa bağlı özellikleri olan indüktör ve kondansatör gibi devre öğeleri kullanılarak yapılır. Uygulama alanları çok geniştir; RADYO ve TELEVİZYON alıcı, vericileri; RADAR; analog ve sayısal BİLGİSAYARLAR; TELEFON'lar; vb.

Frekans ve genlik: Değişen herhangi bir nicelik ya da sinyal, her biri belirli frekans ve genlikteki bir ya da daha çok sayıda sinüs eğrisinden oluşmuştur. Sinüs biçimli bir dalga, en üst ve en alt noktalar arasında düzgün bir biçim izleyerek sürekli değişen dalgadır. Bu hareketin yinelenme sayısına, dalganın «*frekansı*» denir. Frekans, saniyede çevrim sayısı ya da Hertz (bir Hertz, saniyede bir çevrime karşılıktır) cinsinden ölçülür.

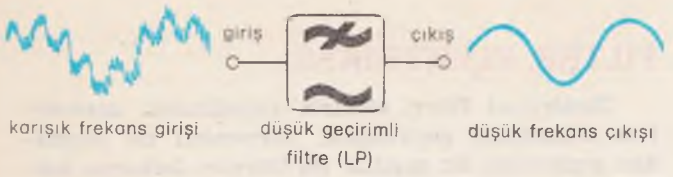
Frekansı olmayan elektrik sinyaline, «doğru akım sinyali» denir. Bunda genliğin ve alan yönünün değişmesi söz konusu değildir. Şehir elektrik şebekesinde kullanılan alternatif akım, bir sinüs dalgası biçimindedir (frekansı Türkiye'de ve Avrupa'nın öteki ülkelerinde 50 Hz, Amerika'da 60 Hz'dir).

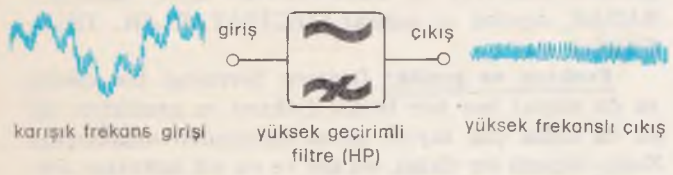
Frekans filtrelerinin türleri: İnsan kulağı, 30 Hz ile 18 000 — 20 000 Hz (18-20 kHz) arasındaki sesleri duyabilir. Bu, sağlıklı bir insanın işitme aralığı ya da bant genişliğidir. Hİ-Fİ SİSTEMLER'inde ses dalgaları, kendileriyle birlikte değişen gerilim dalgalarıyla simgelenir; elektronik yükselticide yükseltildikten sonra, yeniden ses dalgalarına dönüştürülmek için hoparlörlere gönderilirler. Yükseltme sırasında sinyalin frekans yapısını yansıtan tiz ve bas tonlar denetlenir ve biçimlendirilir.

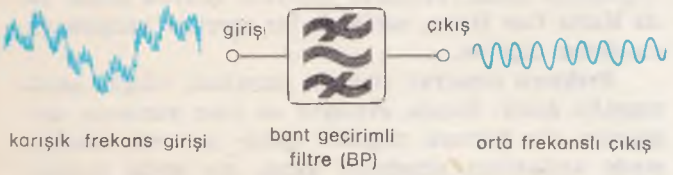
Bas denetiminin en üst, tiz denetiminin de en alt düzeye getirilmesiyle, filtre devresi, 300 Hz'den düşük sinyallerin yükselticiye geçmesine izin verirken, 10 kHz'den daha büyük olanları eler. Bu tip filtrelere, «alçak geçirimli» filtre denir. Tiz denetimi en üst, bas denetimi de en alt düzeye getirilirse, filtre devresi bu kez yüksek frekansları geçirip, düşük frekansları geçirmez. Buna da «yüksek geçirimli filtre» denir. Bas ve tiz denetimlerinin ikisinin de en alta ayarlanması durumunda, filtreden ne yüksek frekanslar ne de alçak frekanslar geçebilir; ancak bunların arasındaki 5 kHz dolayındaki frekanslar engellenmez. Belirli bir frekans bandının geçişine izin verdiği için bu tür filtrelere, «bant geçirimli filtre» adı verilir.

Alçak geçirimli filtreler, istenmeyen yüksek frekans sinyalleri ya da doğru akımdaki dalgalanmaları süzmek için kullanılır. Bir doğru akım kaynağı, bir elektronik devreyi beslediği zaman, bu dalgalanmalardan ve anlık sıçramalardan temizlenmezse, devre görevini tam olarak yerine getiremez. Böyle filtrelere «*düzenleyici filtreler*» de denir.

Radyoda istasyon bulunması, yalnızca seçilen istasyonun yayın frekansının geçmesine izin veren bant

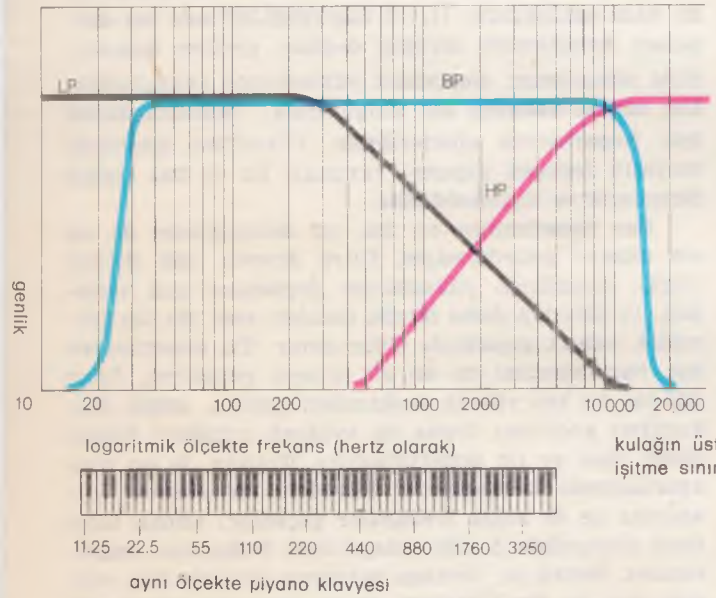




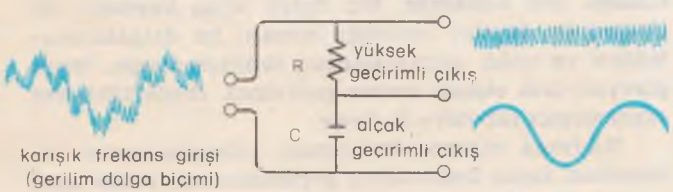


Çizimlerde yukardan aşağı doğru sırayla, karışık frekanslı bir sinyale, alçak geçirimli, yüksek geçirimli ve bant geçirimli filtrelerin tepkisi görülmektedir. Filtrelerin genlik frekans özelliklerinin yatay ekseni, logaritmik frekans alan koordinat sisteminde, grafik yoluyla gösterilir (ortada). Altta, bir direnç - kondansatör filtre sistemi görülmektedir.

bir filtrenin genlik frekans özelliği



direnç-kondansatör (RC) filtre sistemi



geçirimli filtreyle yapılır. Böyle bir filtrenin bant genişliği, çevredeki başka frekansları da almaya ve demodülasyon devresinde bunları ses dalgasına dönüştürmeye yeterli genişlikte olmalıdır (Bk. FREKANS MODÜLASYONU).

Bazı pikaplar, motorun ya da plak taşıyıcısının düşük frekanstaki seslerini de alır. Bu tür düşük frekanslı gürültüleri yok etmek için, yükselticiye bir yüksek geçirimli filtre takılır.

Filtrelerdeki kondansatörler ve indüktörler: Bir doğru akım karşısında KONDANSATÖR, çok yüksek bir dirençmiş gibi davranır; ama alternatif akım uygulandığında bu direnç, frekansın artmasına bağlı olarak azalır. Bu nedenle kondansatörler, filtre devreleri için çok yararlı öğelerdir. Bir direnç ile seri bağlandıkları zaman oluşan filtre sistemine, «RC (direnç-kondansatör) devresi» adı verilir. Direncin değeri, frekanstan bağımsızdır. Süzülecek sinyal, sistemin iki ucundan verildiğinde, direnç uçlarından süzülmüş biçimde çıkar. Bu, yüksek geçirimli bir filtredir; çünkü giriş sinyalinin frekansı artarken, kondansatörün devre üstündeki etkisi giderek azalmakta ve gerilimin önemli bir bölümü direnç üstünden geçmektedir.

İndüktörlerin çalışma biçimi, kondansatörlerinkinin tersidir. İndüktör, üstünden doğru akımın geçmesine izin verip alternatif geçişini durdurur. İndüktör ve kondansatör seri bağlandıklarında oluşan filtre sistemine «RL (direnç-indüktör) devresi» adı verilir. Sistemlerin uçlarına uygulanan süzülmemiş sinyal, direnç uçlarından süzülmüş olarak çıkar. Bu, bir alçak geçirimli filtredir. Sistemin uçlarına bir doğru akım sinyali uygulandığında, bütün gerilim direnç üstünde toplanır (düşük frekans-yüksek çıkış); alternatif akım uygulanmasında ise, bütün gerilim indüktörde oluşur ve direnç gerilimi en üst değerin altındadır (yüksek frekans-düşük çıkış). Bant geçirimli filtre, RLC'li bir filtre sisteminden oluşur.

FİLTRE, OPTİK

Optik filtreler, bir ışık demetindeki belirli renk bileşenlerinin ya bütünüyle ortadan kaldırılması ya da şiddetlerinin azaltılması için kulanılır. Bunun için söz konusu ışık, istenen renk özelliklerini taşıyan bir maddeden geçirilir ya da yansıtılır. Optik filtrelerin kullanım alanı çok geniştir. Sözgelimi, fotoğrafçılık, renkli TV, sahne ışıkları, koruyucu gözlük camları ve tayfbilim gibi alanlarda bu aygıttan yararlanılır.

Tıpkı elektriksel filtrelerin belirli frekansları ge-

çirmediği gibi, optik filtreler de belirli dalgaboylu (ya da frekanslı) ışığı, ya soğurur ya da yansıtırlar. ELEKTROMAGNETİK IŞINIM tayfı, kırmızı ışık ile mor ışık arasındaki gökkuşağı renklerini içermektedir. Bu renklerin birleşimi, beyaz ışığı oluşturur. Bir renk bandı çıkarılırsa, sözgelimi beyaz ışık, mavi ve yeşil renkleri soğuran bir filtreden geçirilirse, geriye sarı, turuncu ve kırmızı ışık karışımı kalır; bu da turuncu renkli bir görüntü verir.

Soğurma filtreleri: En çok kullanılan filtre türü, çeşitli mineral ve boyarmaddelerin soğurma özelliğinden yararlanılarak yapılır. Bu malzemeler ya cam, plastik, jelatin ve selüloz esterleri gibi geçirgen maddelerle karıştırılır ya da bir metal yüzeyine kaplanıp iki cam levha arasına alınır.

Işık, belirli minerallerin molekülleriyle karşılaştığı zaman, belirli dalgaboyu içeren fotonlar, bu molekülleri rezonansa zorlar. Işık, düşük foton enerjisi içeren uzun dalga (kızılaltı) olarak yeniden yayılır. Bu da, ışık demetinin, bir dalgaboyundaki enerjisini ya da bir dalga bandını yitirdiği anlamına gelir. Bazı dalgaboyları ötekilere oranla daha kolay soğurulur: Sözgelimi, yalnızca kırmızı rengi soğurup mavi rengi geçirebilecek filtre yapmak çok güçtür. Mavi renk filtreleri, öteki renklerin bir bölümünü de soğurur.

Filtreler, kullanım amaçlarına göre adlandırılır. Sözgelimi, kırmızı trafik lambasında kullanılan filtreler, «kırmızı filtre» diye adlandırılır. Oysa mavi, yeşil ve sarı renkleri engeller. Öte yandan, fotoğrafçılıkta uzaktaki görüntülerin tonlanmasında kullanılan mavi ve morötesi dalgaları soğuran filtrelere, «morötesi» denir, gerçekte bunların rengi açık sarıdır.

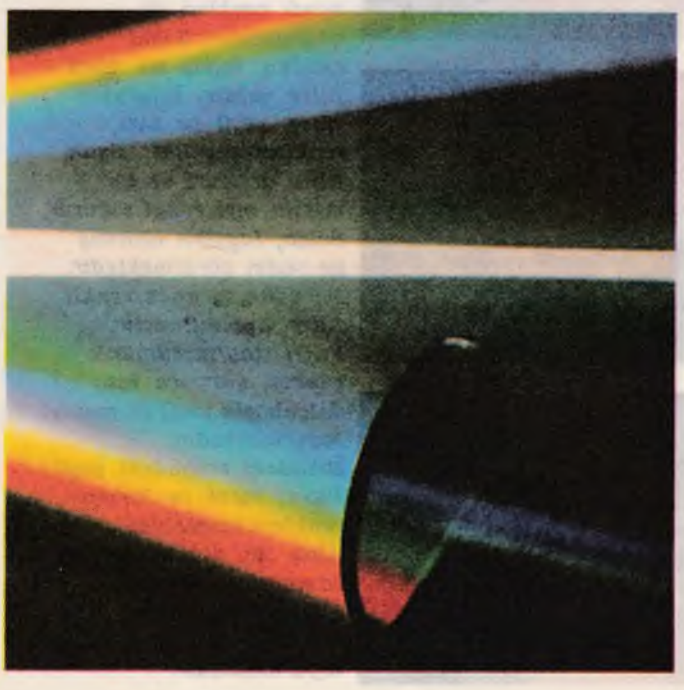
Filtre malzemeleri: Filtrelerin türü, yapıldıkları malzemeye bağlıdır. Eskiden cam filtreler kullanılmaktaydı; günümüzde ise, jelatin filtreler yaygındır.

Renkli cam, erimiş cam içine çeşitli metal oksitleri katma yoluyla yapılır. Sözgelimi demir oksit, yeşil renk verir ve düşük nitelikli bütün camlarda çeşitli oranlarda bulunur. Kobalt oksit mavi, manganez ise mor renk oluşturur. Metal oksitlerin sayıları sınırlıdır; ama bazılarının çok önemli özellikleri vardır. Sözgelimi, *didmiyum* camı, sokak lambalarındaki sarı sodyum ışığını soğurup, öteki renkleri geçirir.

Boya endüstrisinde çeşitli renkler elde edilmektedir. Bunların fotoğraf FİLM'i emülsiyonlarında kullanılan jelatinle karıştırılmasıyla filtreler yapılabilir. Bu filtreler, normal fotoğraf emülsiyonlarından çok daha kalındır; çünkü jelatin levha halinde kullanılır, esnek bir tabakaya kaplanmaz.

İnce bir yarıktan geçirilen jelatin, düzgün bir cam levha üstüne, 1 mm kalınlıkta sürülür. Ardından, kuruduğu zaman cam levhadan kolayca ayrılabilmesi için soğutulur. Jelatinin kalınlığı, kuruduğunda 0,1 mm'ye düşer.

Optik girişim filtreleri (altta), pahalı olmalarına karşılık, çok yararlı özellikler taşır. Yukarda beyaz ışığın kırınması sonucu elde edilen tayf, filtreden geçerek, mavi ve biraz da yeşilden oluşan dar bir tayfa dönüşmektedir. Geri kalan renkler ise, tümüyle yansıtılır (yansıyan renkler arasında yalnızca mavi ve yeşil yoktur).

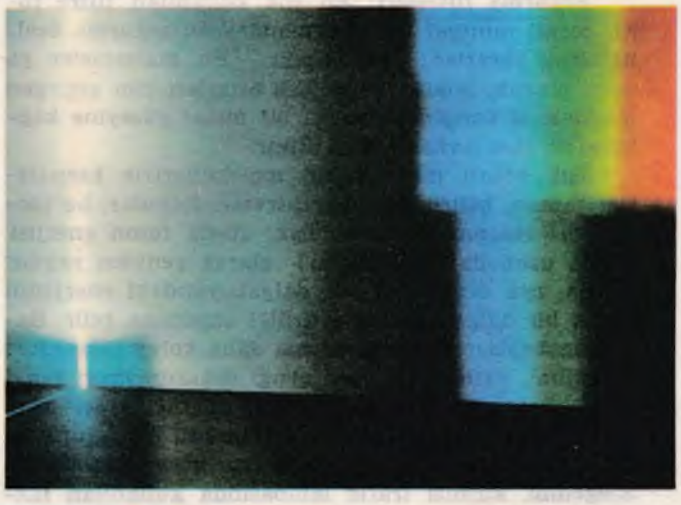


Gelen beyaz ışık, yalnızca maviyi geçirecek biçimde süzülür. (altta sağda) Yansıyan ışık sarımsıdır. Renkli televizyon kameralarında resim, üç renk bileşeninine (kırmızı, yeşil ve mavi) ayrılır. Bu tür filtreler kullanılarak, yansıyan ışık da öteki renklere ayrıştırılır. Böylece, ışık yitimi olmaksızın resim, renklere ayrıştırılmış olur.

Daha dayanıklı filtre üretiminde, filtre malzemesi, optik olarak cilalanmış bir cama yapıştırılır ve üstüne ikinci bir cam levha kapatılır. Bir başka seçenek de, boyayı soğuracak sert bir reçine kullanmaktır.

Çiftrenk filtreleri: Normal filtrelerde soğurulan ışık, bütünüyle yiter ve kullanılmaz. Ama geçirilmeyen ışığın yansıtıldığı, *çiftrenk* ya da *girişim* filtresi diye tanınan başka tür filtreler de vardır. Çiftrenk filtreleri bu adı, iki renk dışında, ışıkta bulunan bütün renkleri yansıtma özelliklerinden alırlar. Yapımlarında kullanılan malzemeyi çok duyarlı sınırlara kadar denetlemek olanağı bulunduğundan, son derece dar dalga bantları süzülüp geçirilebilir. Çiftrenk filtreler, özellikle TV kameralarında kullanılır; böylece, ışığın yansıtılan bölümü ziyan olmaz.

Çiftrenk filtreleri, yapımlarında belirli elektrik özelliği taşıyan malzemeler (çoğunlukla seramik) kul-



Bu resimler, bir ekrana düşürülmüş tayfın, çeşitli boya filtrelerinden (jelatinli) geçirilmesini göstermektedir. Üstteki iki resimde filtre, yalnızca tayfın alt kesimini etkilemektedir. Bu resimlerde filtrelerin kendi renkleri de gözlenebilir: Solda eflatun, sağda ise mavi filtre vardır. Eflatun filtre, yeşil ve sarı renkleri engeller; siyah filtre de, sarı ve bir miktar mor rengi soğurur. Solda, tayftan alınmış üç resim görülmektedir. En üstte, turuncu renkli filtre kullanılmıştır. Filtre, tayfın tümünü geçirip, yalnızca kısa dalgaboylu yeşil ve maviyi soğurmaktadır. Ortadaki resimdeki yeşil filtre, mavi ve kırmızı renkleri kesmektedir. Altta ise, didimiyum camının tayfı vardır. Filtre, sarı ve yeşil renkteki dar bir bandı soğurmaktadır.

lanıldığından, «*dielektrik filtre*» diye de adlandırılır. Bu malzemeler, VAKUM odasında buharlaştırma yöntemiyle cam levhalara yapıştırılır.

Filtrelerin işlevi, çeşitli cam tabakalarından yansıyan ışığın (Bk. DALGA HAREKETİ) girişim etkilerine göre kendini gösterir. Tabakaların sayısı ve her birinin kalınlığı, filtrenin özelliklerini belirler. Tabaka kalınlıkları genellikle 0,0005 mm'den fazla değildir. Bu ölçekteki üç tabaka, yaklaşık 1 800 angström kalınlıktadır ve tayfın yarısı kadar bir bölgeyi geçirir. 17 tabakadan yapılmış bir filtre ise, 10 angström genişliğindeki çok dar bir bandı geçirir. Çok dar bir dalga bandı süzülmek istenirse (1 angströmden az), iki ince filtre tabakası, kalın bir tabakayla ayrılacak biçimde bir araya getirilir.

FİZİK

Fizik, doğayı yöneten yasaları (başka bir deyişle, MADDE ve ENERJİ) inceleyen bilim dalıdır. Maddelerin bileşimlerini ve birbirleriyle etkileşimini konu edinen KİMYA, ayrı bir daldır; ancak, maddeyi oluşturan bileşenlerin ve bunların kimyasal düzeydeki etkileşimlerinin açıklığa kavuşturulmasına, fizikteki ilerlemeler sonucu olanak bulunmuştur. Biyoloji ve biyokimya için de aynı şey geçerlidir. Gerçekten fizik, evreni ve yaşamı anlayabilmemizi sağlayan bilim dallarından biridir.

Fiziğin doğuşu: Yaklaşık yarım milyon yıl önce ilk insanlar, elde yapılmış yalın araçlar kullanıyor ve ateşi biliyorlardı. Bundan 20 000 yıl önce yaşayan Taş devri insanı, mağara duvarlarına resimler yapabiliyor, ok ve yay kullanabiliyordu (günümüzde bile, hâlâ Taş devri teknolojisiyle yaşamını sürdüren topluluklara raslanmaktadır). Günümüzden 10 000 yıl önce insanlar, toprağı işlemeye başlamışlardı. Bilimin ilk temel işaretleri ise, bundan 5 000 yıl önce Babil'de ortaya çıkmaya başladı. Ancak Ortaçağ teknolojisi, Roma teknolojisinden pek farklı değildi; hattâ Romalıların su sistemleri daha iyiydi. Günümüzdeki anlamıyla bilim, XVII. yüzyılda ortaya çıktı. XVIII. ve XIX. yüzyıllarda endüstri devrimi gerçekleştirildi. XX. yüzyıl-

Platon'un (Eflatun) tümevarım düşüncesinden sonra Atina'da ortaya çıkan ilk bilimsel Yunan düşüncesi, «geometri gibi, gökbilimi de çözeceğiz ve yıldızlı gökyüzünü kendi haline bırakacağız» biçimindeydi. (altta solda)

Daha sonraları İskenderiye'de Aristoteles'in ampirik yaklaşımlarını izleyen başka bir Yunan okulu ortaya çıktı. Heron'un ilkel buhar makinası (altta sağda) gibi teknolojik gelişmeler, İS. I. yüzyılda geliştirildi.

da ise fizik, günlük yaşamda büyük bir yer tutmaya başladı. Günümüzde, bu bilim dalına dayanmayan bir yaşam düşünülemez.

Klasik fiziğin temelleri, XVII. yüzyılda, GALİLEİ, KEPLER, BOYLE, NEWTON, HOOKE, HUYGENS, GUERİCKE, TORRİCELLİ gibi bilginler tarafından atıldı. Günümüzdeki uygarlık düzeyi varlığını, bu temellere borçludur.

XVII. yüzyılda, aynı zamanda, felsefe ile fiziğin birbirinden ayrılması da gerçekleşti. XVIII. yüzyıldan önce fiziğe, «doğal felsefe» adı verilirdi. Galilei'nin savları nedeniyle kiliseyle çatışmasına karşılık, Kuzey Avrupa'daki bilim adamları, buluşlarının felsefeye uyup uymadığını pek önemsemiyorlardı.

Bilimsel yöntem: Bilimsel yöntem, gerçeğin ortaya çıkarılmasını sağlayan «yanılmaz» bir yöntem değildir. Bazen bütünüyle yanlış sonuçlar verip, konunun yeniden ele alınmasını gerektirebilir. Yöntemin temeli, deney ve gözlemde yatar. Ancak, sonuçların doğru biçimde kaydedilmesi, neden ve sonuç ilişkisinin araştırılması (çünkü, her doğal olayın araştırmaya değer bir nedeni vardır), kuramın geliştirilmesi ve bu kuramın başka amaçlar için kullanılması da çok önemlidir.

Neden-sonuç ilişkisi, çağımızda çok açık görünmesine karşılık, her zaman kabul edilmemiştir. Eskiden doğal olayların açıklanması, tanrıya bağlanmaktaydı. Günümüzde fizik, anlayış düzeyimizi biraz daha derine götürmeye ve olayların altında yatan gerçek nedenleri ortaya çıkarmaya çalışmaktadır.

Çevrelerindeki olayları kaydeden ilk insanlar İ.Ö. 3000 yıllarında yaşayan Babillilerdi (Mezopotamya). Yazıyı bilen bu insanlar, gökcisimlerinin hareketlerini kataloglara geçirdiler. Aynı dönemde Kuzeybatı Avrupa'da yaşayanlar ise, yazıyı bilmemelerine karşılık, taşları kullanarak, gökcisimlerinin hareketlerini toprak üstünde belirtmeye çalıştılar.

Babillilerin ve eski Mısırlıların tuttuğu kayıtlar, Yunanlıların eline geçti. Yunanlılar bunları yeniden düzenleme çabalarına girişti. Mekanik ve statikte bazı ilkel kavramlar (ARKHİMEDES'in banyo deneyi ve kaldıraç yasaları gibi) ortaya kondu. Yunanlıların en büyük katkısı, fiziğin gelişmesinde önemli payı bulunan bazı MATEMATİK ilkelerini bulmalarıdır. İ.S. III. yüzyılda Diophantos bazı fizik temellerini ortaya koymuştur, ama fiziğin bugünkü dayanağını oluşturan cebir daha sonra geliştirilmiştir.

Bilimin geliştirilmesi, Yunanlılardan sonra Araplar tarafından yürütüldü. Bazı yeni buluşlar, sözgelimi İbni Heysem'in OPTİK konusuna ve matematik simgelere ilişkin düşünceleri, önceleri İtalya, daha sonra da Kuzey Avrupa'da ortaya çıkan bilimsel anlayışın ilk kıvılcımı oldu.

XVII. yüzyıl: İlk önemli fizikçi, Galilei'dir (1564-1642). Dinamikteki bazı temel deneylerinin yanı sıra, TELESKOP, MİKROSKOP, termometre gibi bazı temel aygıtları ilk kez kullanması, Aristoteles mantığına karşı açılan savaşın ilk adımlarını oluşturmuştur.

Kütlelerin hareketinin kuvvet cinsinden ölçüle-

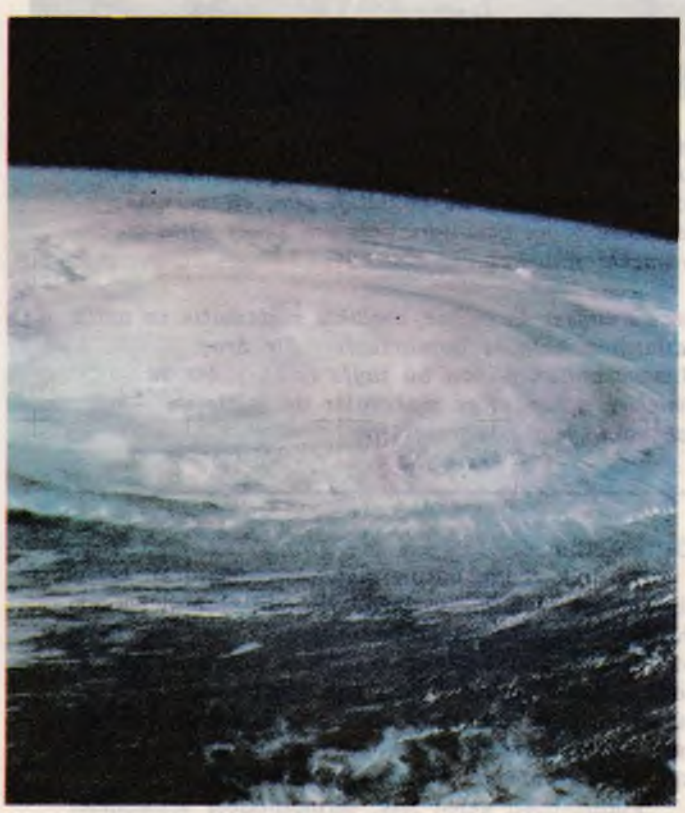
«Atlas»ın omuzu üstünde, evrenin merkezi olarak dünyamızı gösteren küre. (üstte solda)

Priestley'nin silindir biçimindeki elektrostatik aygıtı. (sağda)

Newton'un üçüncü hareket yasasını gösteren deney. (altta)

Doğal mıknatıs taşı. (altta)

Kepler, Güneş sistemini buldu ve Güneş'i bunun merkezine yerleştirdi; ayrıca gezegenlerin hareketini yorumlayan matematik yasalar geliştirdi. Resimde Güneş ve gezegenlerin hareketini belirten aygıt görülmektedir. (solda)



Descartes'ın vorteks teoremini kanıtlayan, XX.yy'da çekilmiş bir fotoğraf. (üstte)
XIX. yüzyılda, Maxwell, elektrik ve magnetizmayı bağdaştırmıştır. Resimde, sesin ilk kez birleştirilişi görülmektedir. (altta)

bileceğine ilk değinen Galilei oldu. Ayrıca, Aristoteles gibi, «taşlar toprağa düşer, ağır taşlar ise hafiflerden daha hızlı düşer» demekle yetinmek yerine, bu niceliklerle ilgili kuralları saptamaya çalıştı. Aristoteles'in yanıldığını kanıtladı ve taşın düşme biçiminin nasıl hesaplanabileceğini gösterdi.

Galilei'den sonra Newton, Huygens, Boyle, vb. bilim adamları çalışmaları sürdürdüler. Newton, dinamik, matematik ve optik konusundaki çalışmalarıyla, fizik yasalarını ortaya koydu. Kütle çekimi ile ilgili her bağıntıda, değişmez bir katsayının bulunması gerektiğini açıkladı: Günümüzde buna, çekim değişmezi ya da yerçekimi ivmesi (G) denir. G değişmezi, maddenin özelliklerini anlamada temel sayılan üç değişmezden birincisidir.

XVIII. yüzyıl: XVIII. yüzyılda bilim adamları, Newton fiziği çevresinde birleşerek, mekanik ile dinamik konularını içeren ve aşağı yukarı günümüzdekilerin aynı olan ders kitapları çıkarmaya başladılar. XVIII. yüzyılda araştırmalar, daha çok, ısı ve ısının etkileri üstünde yoğunlaştırıldı. Bilim ile teknoloji arasındaki ilk köprü, buhar makinasının bulunmasıyla gerçekleşti. FRANKLİN ve COULOMB, statik elektrik konusunda ilk deneyleri gene bu yüzyılda yaptılar.

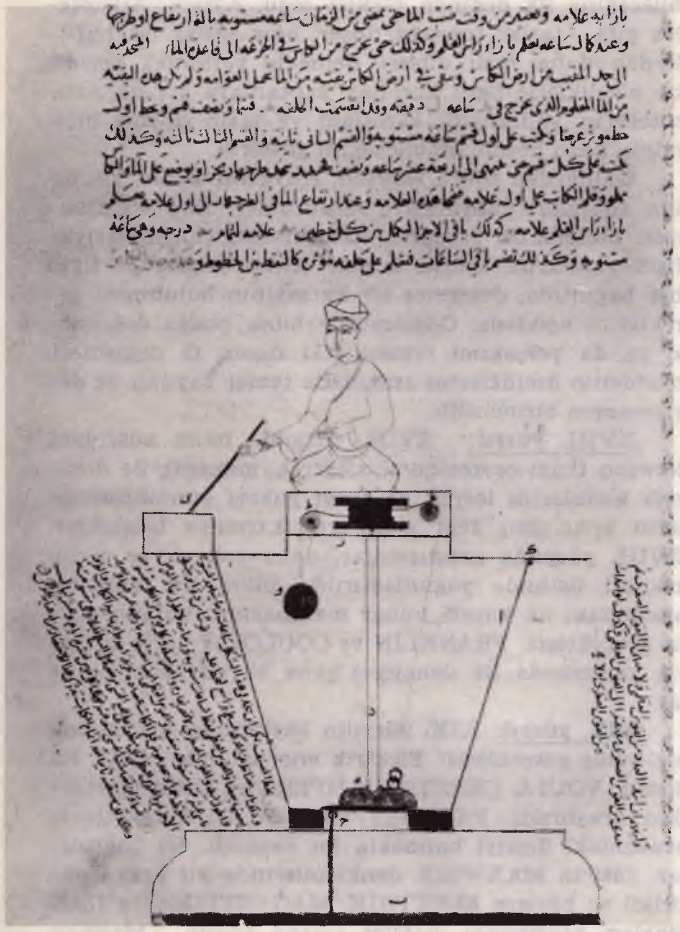
XIX. yüzyıl: XIX. yüzyılın başlarında çok önemli bir buluş gerçekleşti: Elektrik enerjisi elde edildi. Bu enerji, VOLTA, OERSTED, AMPERE ve OHM tarafından araştırıldı. FARADAY, elektrik ile magnetizma arasındaki ilişkiyi bulmakla ün kazandı. Bu bağıntılar, 1860'ta MAXWELL denklemlerinde bir araya getirildi ve böylece ELEKTRİK, MAGNETİZMA ve IŞIK olayları arasındaki ilişkiler ortaya kondu. Maxwell denklemleri, önemli bir değişmezin, yani ışık hızının *(c)* varlığını ortaya koydu.

XIX. yüzyılda buhar makinalarının yaygın kullanımı, ısı, iş ve enerji arasındaki bağıntının ayrıntılı biçimde incelenmesine yolaçtı. Sadi CARNOT, ilk kez iş ve ısı arasındaki bağıntıyı bularak, TERMODİNAMİK'in temellerini attı. Isının mekanik eşdeğeri, önce JOULE, daha sonra da Helmholtz ve Lord KELVİN tarafından araştırıldı.

Bu çalışmaların sonunda, fizik biliminin artık tam olarak bilindiğine, yalnızca birkaç anlaşılmaz konu dışında, öğrenilecek pek birşey kalmadığına inanıldı. Kuşkusuz, anlaşılmaz olduğu düşünülen konuların, gerçekte yabana atılacak ayrıntılar olmadığı daha sonra anlaşılmıştır.

XX. yüzyıl fiziği: Klasik kurama göre, elektromagnetik tayfın morötesi bölgesinin dışına çıkıldığında, yayılan enerji miktarının da orantılı olarak artması gerekir. Gerçekte ise durum böyle değildir. Bilinmeyen bir etmen, yayılan kısa dalgaları sınırlamakta ve bir bakıma olası «morötesi yok olması»nı engellemektedir.

Max PLANCK, sınırlayıcı etmenin, enerjinin küçük paketler ya da kuvantumlar halinde yayılmasından kaynaklandığını ileri sürmüştür (tıpkı maddenin sürekli yapıda olmayıp, atomlardan ve aralarındaki boşluklardan oluşması gibi, enerji de sürekli



Ortaçağ'da, siyasal dengesizlikler ve kilisenin baskısı sonucu, hiç bir gerçek ilerleme ortaya konulamadı. Sonraları Boyle'un da belirttiği gibi, «Kopernik»e kadar bu çağın insanları, yalnızca kendi ağını ören örümcekten farksızdı». (üstte)

Arap dünyası da bilime, özellikle matematik ve optik dallarında katkıda bulunmuştur. Bir Arap elyazmasından alınan bu sayfa (solda), bir su denetim sistemini ve makaraları ile şaftların çalışma ilkesini göstermektedir.

---

değil, kesik kesik enerji paketleri halinde yayılmak tadır). Kısacası, ışınımın kuvantum özelliği, sınırlayıcı bir etmen olmaktadır. Einstein, bu etmenin, fotoelektrik olay gibi başka belirsiz sorunları da açıkladığını göstermiştir.

BOHR ile RUTHERFORD ise, sınırlayıcı etmen etkisini, atom fiziği alanında da araştırdılar ve elektronların, üçüncü temel değişmez olan Planck değişmezinin *(h)* denetiminde, ancak belirli enerji düzeylerinde bulunabileceğini gösterdiler. Maxwell'in çalışmaları bütünüyle bir kenara bırakılmadı, ama büyük ölçüde düzeltildi.

Bu buluşlar, «yeni fizik» çağını açtı. Yeni fiziğin konuları içine BECQUEREL ve CURİE'lerce yapılan RADYOAKTİFLİK çalışmaları ile, J. J. THOMSON'un elektrona ilişkin buluşu girer. Bu çalışmaların bir araya getirilmesi ve Newton fiziğinden bilinen ışık hızı kavramının Einstein'ın görecelik kuramıyla bağdaştırılması sonucu, ünlü atomsal güç denklemi $(E = mc^2)$ bulundu.

Gerçekleşmesi beklenen ilerlemeler: Fizikçiler, günümüzün temel fizik kurallarında önemli değişmeler olacağına inanmamakla birlikte, fiziğin birtakım işlemleri, virgülden sonra ondalık sayılara kadar hesaplayan bir bilim dalı olmadığı gerçeğini kavramışlardır. Temel fizik araştırmaları artık birbirinden bütünüyle ayrı iki konuya yönelmiştir: TANECİK FİZİĞİ; gökbilim.

Tanecik fiziği, bütün maddeleri oluşturan temel tanecikleri ve bunların birbiriyle etkileşimini bulmaya çalışmaktadır. Gökbilim alanında ise, çok daha büyük ölçekteki kütleler araştırma konusu edilmektedir. Bu kütleler, dünyada yaratılması olanaksız koşullar altında bulunmaktadır; ama ışık hızından yararlanılarak, evrenin başlangıcına ve evrelerine ilişkin bilgi edinme çalışmaları yapılmaktadır.

Yıldızlardan gelen ışık, termonükleer tepkimeler sonucu oluşur. Yerçekimi, bilinen en zayıf kuvvet alanıdır, bununla birlikte, çok uzaktaki kütleler arasında bile kendini belli eder. Dört kuvvet alanı (Bk. ALAN VE KUVVETLER) bağdaştırılarak tek bir alan kuramı geliştirilmeye çalışılmaktadır. Böylece, G, c ve h'nin neden özel değerleri olduğunun açıklanabilmesi beklenmektedir.

Bunun sonucunda, yeni değişmezlerin ve şu anda düşünülemeyen yeni fizik konularının da ortaya çıkması beklenebilir.

FİZYON

Nükleer fizyon (ya da çekirdek bölünmesi), ağır bir atom çekirdeğinin daha hafif atomlara parçalanmasıdır. Ağır çekirdekteki tanecikleri bir arada tutan BAĞLANMA ENERJİSİ nedeniyle, fizyon sırasında enerji açığa çıkar.

İkinci Dünya savaşından önce, çok sayıda bilim adamı, doğada bulunan en ağır elementin, yani uranyumun özelliklerini araştırmaktaydı. Uranyum çekirdeği, artı yüklü 92 proton ve değişen sayılarda (145 kadar) nötron içermektedir. Araştırmacılar, uranyum çekirdeğinin fazladan bir nötron yutunca ne olduğunu incelediler ve yutulmanın hemen ardından, baryum gibi çok daha hafif bir elementin çekirdeklerinin izine rasladılar. 1939 yılında O. Frisch ve L. Meitner, ilk kez, ek bir nötronla uranyum çekirdeğinin daha hafif bir çekirdek oluşturacak biçimde ikiye bölündüğünü (fizyona uğradığını) ileri sürdüler. Bölünmeden önceki toplam çekirdek kütlesi, bölünmeden sonra ortaya çıkan çekirdeklerin toplam kütlesiyle karşılaştırılınca, arada bir fark olduğu görüldü. Fizyon sırasında bir miktar kütle yitmekteydi. Bu kütle yitimi, enerji biçiminde yeniden ortaya çıkmakta (kütle ve enerjinin birbirlerine dönüşebilir olmasından ötürü) ve oluşan hafif çekirdekler, çok yüksek hızlarda saçılmaktaydı. Bir uranyum çekirdeğinin bölünmesi sırasında serbest kalan enerji miktarı, yanan kömür içindeki karbon atomlarının oksijen atomlarıyla birleşmesi sırasında açığa çıkan enerjinin elli milyon katıdır.

Burada tanımlanan olay, büyük bir su damlacığına çok daha küçük bir su damlacığının çarpması sonucu ortaya çıkan duruma benzemektedir. Küresel su damlasının dış yüzünün kararlı olmasını sağlayan kuvvet, küçük bir damlanın daha eklenmesiyle, artık işlevini yapamaz ve sonuçta büyük damla, iki küçük damlaya bölünür.

Fizyon olayındaki en ilgi çekici nokta, bölünme sırasında çekirdeğin nötronla aşırı yüklenmesi ve birkaç nötronun kendiliğinden çekirdekten ayrılmasıdır. Böylece hafif çekirdekler, nötron bakımından zenginleşir ve başka nötronların serbest kalması, **ZİNCİRLEME TEPKİME**'ye yolaçar; çünkü bunlar, başka uranyum çekirdekleri tarafından soğurulup, yeni fizyonları başlatırlar.

Denetlenmeyen zincirleme tepkime, atom bombasının korkunç enerjisini ortaya çıkarır. Ağır çekirdeğin bölünmesi, çok büyük bir hızla gerçekleşir ve her seferinde enerji açığa çıkar. Denetlenen zincirleme tepkime ise, nükleer reaktörün enerji kaynağını oluşturur. Burada, fizyonları başlatabilecek nötronların sayısı, kolay soğurma özelliği taşıyan kadmiyum gibi metaller kullanılarak denetlenir.

92 proton ve 143 nötrondan oluşan uranyum 235 çekirdeği, yavaş nötronlar salarak fizyona uğrayan tek doğal elementtir. Bu nedenle U 235, nükleer reaktörlerde kullanılan başlıca çekirdektir. 147 nötronlu uranyum, U 238'in daha bol bulunmasına karşılık, fizyonun başlayabilmesi için daha hızlı nötron bombardımanı gerektirir. Yavaş nötron bombardımanıyla bölünebilen öteki ağır çekirdekler ise, uranyum 233 ve plütonyum 239'dur. Bunlar da, sırasıyla toryum 232 ve uranyum 238'in yapay yoldan nötron bombardımanına uğratılmasıyla elde edilir.

Uranyum 238 kendiliğinden fizyona uğrayabilir. Yani dışardan bir nötron çarpmasına gereksinim duymadan parçalanabilir. Ancak, daha çok, çekirdeğinden iki proton ve iki nötronu atıp denge durumuna dönme eğilimindedir. Kendiliğinden fizyon olayı, dengelenme olayına oranla milyonda bir ortaya çıkar. Plütonyum 240 da, kendiliğinden fizyona uğrayabilen bir başka çekirdektir. Bu çekirdek, nükleer dönüşümlerin sıcaklığında oluşur ve reaktör güvenliği açısından dikkatle izlenmelidir.

Yüksek nötron akılı, su soğutmalı bir reaktör çekirdeği. (solda)

Gaz soğutmalı reaktöre yakıt çubuklarının yerleştirilmesi. (altta) Yakıt elemanı, 36 yakıt çubuğundan oluşur; her birinde, grafitle sarılmış uranyum oksit tozu bulunur.

FLAŞ

Flaş, fotoğrafçılıkta, ya bir kez kullanıldıktan sonra atılan bir ampulle ya da içi gaz dolu bir tüple, kısa süreli, yüksek güçlü ışık üretmek için kullanılır. Günümüzde flaşlar güvenli, yüksek düzeyde verimli ve genellikle pıllidir. Oysa ilk fotoğrafçılar, istedikleri yerde ve saatte fotoğraf çekemezlerdi. Filmlerin duyarlığı çok düşüktü; bu yüzden, güzel bir görüntü elde edebilmek için, güneş ışığı gerekiyordu. Poz süreleri uzundu ve poz süresi boyunca fotoğrafı çekilen kişi, hareket etmeden durmak zorundaydı. Buna karşılık, zayıf ışıklı yerlerde magnezyum şeridi alevi kullanarak fotoğraf çekme olanağı vardı. Magnezyum şeridi, gerekli ışığı veriyor; ama çok duman çıkarıyordu. Bu yöntemden, 1867'de T.H. O'Sullivan, Nevada'da Comstock Lode madenlerinin içinde fotoğraf çekme amacıyla yararlandı. Patlama olasılığı yüksek ol-

duğundan, bu, çok tehlikeli bir deneydi.

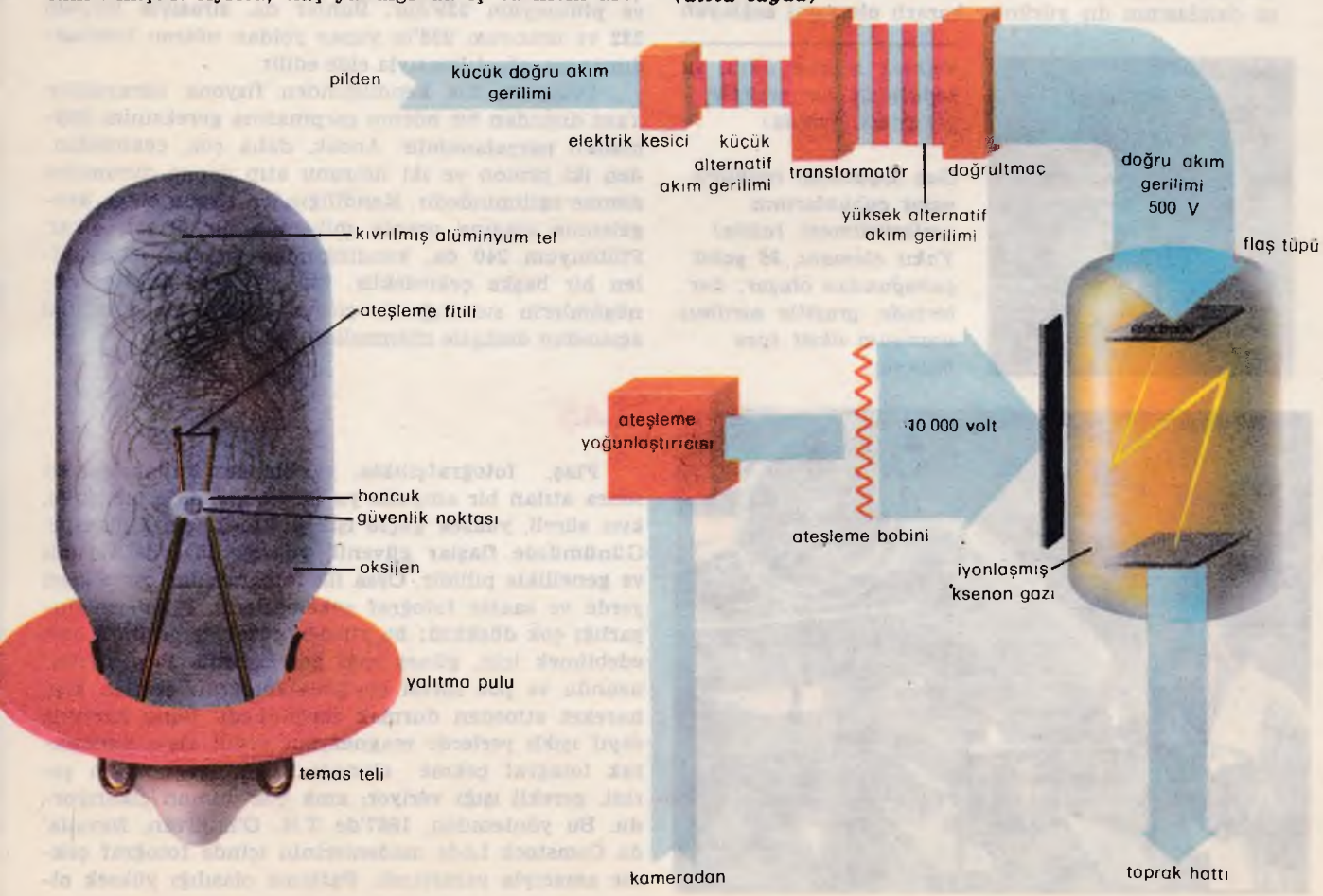
Flaş tozu, daha az patlayıcı olmamakla birlikte, işlemi daha güvenilir hale getirdi. 1887'de Almanya'da ortaya çıkarılan bu toz, magnezyum ve potasyum kloroit karışımından oluşuyordu. Potasyum kloroit ateşlendiği zaman, büyük miktarda oksijen açığa çıkararak, magnezyumun yükseltgenmesine ve bir anda çok parlak bir ışık vermesine neden oluyordu.

Bir kez kullanılıp atılan flaş ampulünü, 1929'da J. Ostermeier buldu. Elektrik ampulüne benzemesine karşılık, bu ampul alüminyum şerit parçalarıyla ve oksijenle doldurulmuştu. Bu karışım, bir kuru pille ateşleniyor ve alüminyumun yükseltgenmesi sağlanarak, parlak bir ışık ortaya çıkarılıyordu.

Flaş ampulleri: Modern flaş ampulleri oksijenle doldurulmuştur. İçlerinde magnezyum, alüminyum ya da zirkonyum teli ile tungsten bir filaman ve küçük bir parça fosforlu alaşım bulunmaktadır. Gerekli enerji, bir pil tarafından, genellikle bir KONDANSATÖR devresi aracılığıyla sağlanır. Elektrik devresi, FOTOĞRAF MAKİNASI'nın deklanşör mekanizmasına bağlı uçlarla tamamlanır. Pilden gelen akım, filamanı kızdırarak alaşım parçacığını ateşler. Böylece, tel ile oksijen arasında yükseltgenme tepkimesini başlatmak için gerekli ısı üretilir. Parçalanma tehlikesini azaltma amacıyla, ampulün içi ve dışı verniklenmiştir. Ayrıca, flaş yandığında iç basıncın artması nedeniyle, ampulün parçalanmasını önlemek için, ampulün içindeki oksijenin basıncı, atmosfer basıncından düşük tutulur. Renkli filmler için kullanılan ampuller, mavi boyayla kaplanır. Böylece, bunların verdiği ışık, gün ışığına yakın bir renkte olur. Küp biçimli bir kutu içinde dört tane flaş lambası bulunduran flaşlar, genellikle elektrikli değillerdir. DETONATÖR'e benzeyen ve fotoğraf makinası sapının yanındaki yaylı bir düğmeyle işleyen, tetikli bir ateşleme düzeneğiyle (deklanşör) ateşlenirler.

Elektronik flaş: 1931'de Harold Edgerton tarafından bulunan, elektronik deşarj lambası, elektronik flaşın temelini oluşturur. İçinde ksenon ya da kripton gibi bir gaz bulunan, sertleştirilmiş camdan ya da kuvarstan yapılma bir tüpün içinden, yüksek gerilimli elektrik enerjisi geçirilir. Boşalma sırasında, gaz iyonlaşarak elektriği iletir.

Bir flaş ampulü. Fotoğraf makinasının içinde bulunan flaş bağlantılarından gelen kısa süreli bir elektrik akımı, küçük alaşım parçasını ve tel sargıyı ateşler. (altta solda)
Elektronik flaş: Ksenon gazı ateşleme elektrotu tarafından ateşlendiği anda, flaş ampulünün elektrotları arasında bir yüksek gerilim boşalır. (altta sağda)



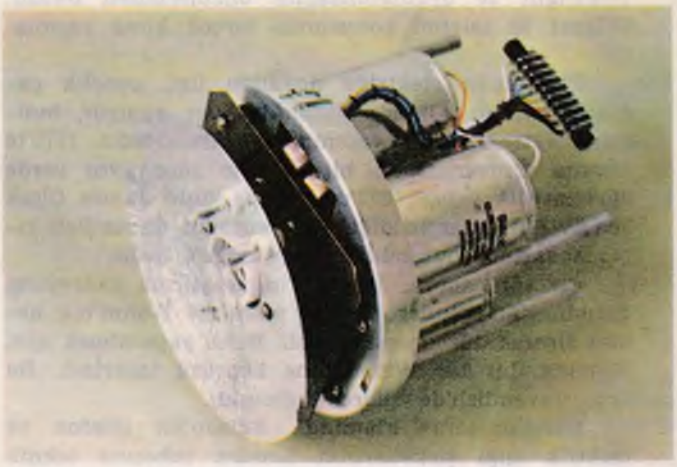
Bir pilden gelen küçük bir doğru akım gerilimi, elektronik olarak alternatif akım gerilimine çevrilir; bu gerilim bir TRANSFORMATÖR'e uygulanarak, çok daha küçük bir gerilim elde edilir; bu da, bir DOĞRULTMAÇ'tan geçirilerek doğru akım gerilimine çevrildikten sonra, iki kondansatörü doldurmak için kullanılır. Flaş çalıştırıldığında, kondansatörlerden küçük olanı, tüpün bir ucundaki eksi elektrot ile kenarda bulunan ateşleme elektrotu arasında boşalır. Boşalma, gazı iyonlaştırarak ana kondansatörün eksi elektrot ile öteki uçtaki artı elektrot arasında boşalmasını sağlar. Işığı, bu ana boşalma yaratır.

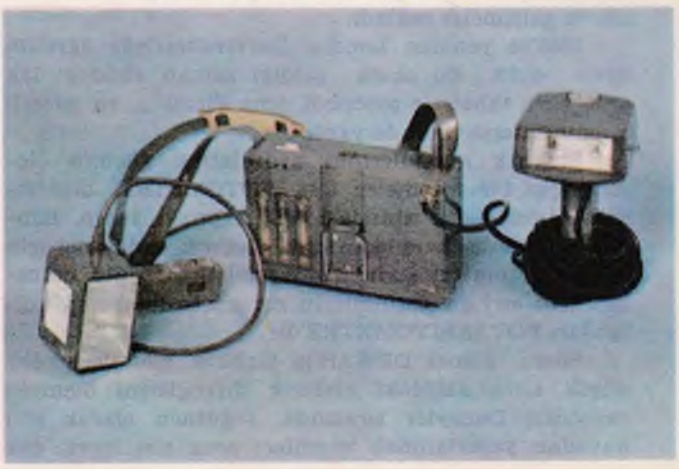
Pille çalışan küçük aygıtlarda gerilim, 150 V kadar düşük olabilir. Bu, 1/200 saniyelik bir boşalma süresi sağlar. Stüdyolarda kullanılan daha büyük aygıtlar ise, şebeke elektriğiyle çalışır ve 7 000 V'a kadar çıkarak 1/1 000 saniyelik flaş süreleri yaratırlar. YÜKSEK HIZ FOTOĞRAFÇILIĞI'nda kullanılan flaşların hızı, bir mikrosaniyeden düşük olabilir.

Flaşın eşzamanlanması: Flaş kullanıldığında, elektrik devresinin tamamlanması ile ışığın en yüksek güce erişmesi arasında, 15-25 milisaniye kadar küçük bir zaman farkı olur. Flaşın, objektifin bütünüyle açık olduğu sırada parlamasını sağlamak için, devrenin tamamlanması ile objektifin açılması arasında 16 milisaniyelik bir zaman farkı bulunur. Buna «*M* eşzamanlaması» adı verilir ve objektifin açılmasını geciktirmek için deklanşör ile obtüratör arasına, bir dişli mekanizmasının yerleştirilmesiyle gerçekleştirilir.

Elektronik flaşlarda, devrenin tamamlanması ile ışığın görülmesi arasında bir zaman farkı yoktur. Bu nedenle «*X* eşzamanlaması» kullanılır. Bunlarda, objektif açılır açılmaz flaş parlar.

Poz süresini belirleme: Flaş kullanılınca, mekanik ayarlama ne olursa olsun objektif hızı, flaşın hızına eş duruma gelir. Poz süresi yalnızca diyafram





*(Pilli flaşlar ve ampuller. **sağda üstte**) Bunların gücü 1 000 jullük bir elektronik parlamaya eşittir; ama daha az enerji tükettiklerinden, daha verimlidirler. Ampul değiştirme işi çok zaman aldığından, bu aygıtlar, yalnızca, açık hava fotoğrafçılığında olduğu gibi, yüksek gücün kullanım rahatlığından daha önemli olduğu yerlerde kullanılır.*

*Stüdyolarda kullanılan elektronik flaş aygıtı. Enerji kaynağı ile flaş kafası birleştirilmiştir; ama aygıtın elektrik fişine takılması gerekir. Halka biçimindeki flaş tüpünün ortasında bir sap bulunmaktadır. Bu sap, odak ayarlaması sırasında kullanılan ve «model lambası» adı verilen sıradan bir lambayı tutar. (**sağda** ortada)*

*Resimde görülen aygıt, elektrik fişi bulunmayan yerlerde kullanma amacıyla ara kablolara bağlanmış yüksek güçlü pilleri olan, taşınabilir enerji kaynağından ve iki flaş kafasından oluşmaktadır. (**sağda altta**)*

açıklığına göre hesaplanır ve açıklık sayısını hesaplamak için, işaret sayıları kullanılır. Açıklık sayısı, kullanılan filmin işaret sayısının, fotoğrafı çekilen nesnenin makinaya uzaklığına bölünmesiyle bulunur.

Yeni flaş aygıtlarında böyle bir hesaplama yapılmaz. Bunlarda flaş süresi, fotoğraf makinasının diyafram ayarına denk gelecek biçimde otomatik olarak denetlenir. Bu, flaşın parladığı sırada fotoğrafı çekilen nesneden geri yansıyan ışığın, bir FOTOSEL' le izlenmesiyle gerçekleştirilir. Flaş devresi, bir TİRİSTÖR tarafından denetlenir; fotosel ise, yansıyan ışık belirli bir düzeye eriştiğinde flaş parlamasını durdurmak için, tiristör devresini keser.

Söz konusu sistemler, belirli bir diyafram açıklığında, fotoğraf makinası ile fotoğrafı çekilen nesne arasındaki uzaklık göz önüne alınmaksızın, doğru poz süresini sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Bu «programlanmış» aygıtların flaş süresi 1/250 saniyeden 1/40 000 saniyeye kadar değişebilir.

FLEMİNG, SİR JOHN AMBROSE (1849—1945)

İngiliz elektrik mühendisi Ambrose Fleming, elektriğin ve uygulanmasının öncülerinden biridir. Telgraf ve telefon konusunda birçok kitap yazmıştır.

Fleming'in elektriğe duyduğu ilgi, gençlik çağında başladı. Okulda akümülatörler yapıyor, bunları elektromıknatıs yapımında kullanıyordu. 1870'te Londra Üniversitesi'ni bitirdi. Bir süre aynı yerde öğretmenlik yaptı. 1877'de, başına ünlü James Clerk MAXWELL'in getirildiği, yeni kurulan Cavendish laboratuvarının bulunduğu Cambridge'e geçti.

Bir süre sonra, Maxwell'in araştırma kadrosuna katıldı. Kendisinden, birkaç standart 1-ohm'luk bobini ölçerek düzeltmesi istendi. Bunu yapabilmek için, Fleming, bir tür Wheatstone köprüsü tasarladı. Bu araç, Cavendish'de yıllarca kullanıldı.

Bundan sonra Fleming, Edison'un telefon ve elektrik ışığı şirketlerinin Londra şubesine teknik danışman oldu. İngiltere'deki elektrik şebekelerinde büyük gelişmeler sağladı.

1885'te yeniden Londra Üniversitesi'nde öğretim üyesi oldu. Bu okula geldiği zaman elindeki tek araç kara tahta ile tebeşirdi, ama Fleming, en önemli araştırmalarını burada yaptı.

Elektrik ampullerinin aydınlatma gücünü ölçmek için bir fotometre (Bk. FOTOMETRİ) tasarladı. Ardından, bir standart ışık kaynağı yapıp, lambaları bununla karşılaştırarak, elektrik endüstrisi için önemli fotometri standartları geliştirdi. Ünlü buluşlarından biri de, gerilimlerin karşılaştırılmasında kullanılan POTANSİYOMETRE'dir.

Sonra, James DEWAR'la birlikte, metallerin çok düşük sıcaklıklardaki elektrik dirençlerini ölçmeye çalıştılar. Deneyler sırasında, soğutucu olarak sıvı havadan yararlanmak istediler; ama sıvı hava, çok çabuk kaynayıp uçtuğu için, kullanışlı olmuyordu. Dewar, bir yalıtıcı şişe tasarımı çizdi; Fleming de bu tasarımı gerçekleştirdi. Sıvı havayı uzun süre tutan bu araca, günümüzde «termos» adı verilmektedir. Fleming bundan sonra, sıvı havanın içine tel bobinleri batırdı ve bu düşük sıcaklıklarda metallerin iletkenlik özelliğinin arttığını buldu. Bu çalışma, daha sonra bulunan üstün iletkenliğin temelini oluşturdu.

Sir John Ambrose Fleming. Fleming'in bilime en büyük katkısı, termoiyonik valfı bulması olmuştur. İlk kez Edison tarafından fark edilen bir etkiye dayanan aygıt, havası boşaltılmış bir cam ampul içine yerleştirilmiş iki elektrottan oluşuyordu. Elektrotlardan biri, yani katot ısıtılırdı. Günümüzde bu aygıta «diyot» denmekte ve alternatif akımların doğrultulmasında kullanılmaktadır. Yükseltmede kullanılan triyot lamba da, bu araçtan geliştirilmiştir.

Ama Fleming'i dünyaya tanıtan ve 1929'de «sir» unvanı almasını sağlayan en önemli buluşu, radyo lambasıdır (vakum tüpü). Bu buluş, elektronik çağının öncülerinden olan EDİSON ve MARCONİ ile kurduğu ilişki sonucunda gerçekleşmiştir.

Fleming, Edison'un, bir metal plaka bir elektrik ampulünün akkor filamanına yaklaştırıldığı zaman ortaya çıktığını saptadığı etkiyi çok şaşırtıcı bulmuştu: Plaka, artı uca bağlandığı zaman akım geçiriyor, eksi uca bağlandığı zaman geçirmiyordu.

Fleming, bu elektriksel «tek yönlü yol»un varlığını doğruladı ve akkor halindeki filamandan, «eksi elektrik yükü» taşıyan taneciklerin çıktığını buldu. Farkında olmadan elektronları gözlemlemişti.

Fleming daha sonra, denizaşırı sinyal denemeleri yapan Marconi için birçok araç tasarladı. Sürekli karşılaşılan bir sorun, alıcı antenin ürettiği yüksek frekanslı alternatif akımların, alıcı araçlarını çalıştıracak doğru akıma çevrilmesiydi. Aklına gelen bir düşünceye uyan Fleming, dolaptan eski bir ampul çıkararak, bunun istenen etkiyi yapıp yapmayacağını denedi. Plaka ucundaki alternatif akım, artıdan eksiye dönüşüyordu; ama plaka, elektriği yalnızca yük artıyken iletiyordu. Ampul, alternatif akımı *doğrultarak*, doğru akım üretiyordu.

Bu aracın patenti 1904'te verildi. Fleming, daha sonraları yerleşen DİYOT terimi yerine, aracına «valf» adını vermişti. 1906'da Amerikalı Lee De Forest, buna bir ızgara ekleyerek bir yükseltici *triyotu* yaptı. Ama uzun erimli telsiz telgrafın rahatça kullanılabilmesini sağlayan, Fleming'in buluşu oldu. Bu buluş, ayrıca, radyo ve televizyon çağını da açtı.

FLOJİSTON

Flojiston kuramı ilk kez XVII. yüzyılda, maddeler yandığında ya da *kireçleştiğinde* olanları açıklamak için ortaya atıldı. Flojiston kuramının geliştirildiği dönemde kimyada genel eğilim, çeşitli özellikleri, belirli «ilke»lere bağlamaktı: Maddelerin katılığından sorumlu katılık ilkesi; sıvılık ilkesi; asitlik ilkesi; vb.

1669'da J. J. Becher (1635-1682), *Toprakaltı Fiziği* adlı kitabında, yanabilirlik ilkesini önerdi. Maddelerin tümünde bulunan üç temel ilkenin (ya da elementin), «sabitleşmiş toprak» (katılık ilkesi), «cıvalı toprak» (sıvılık ilkesi) ve «yanıcı ya da yağlı toprak» (yanabilirlik ilkesi) olduğunu belirtti. Yanabilen maddelerin tümünde bu son element vardı ve yanma olayında yağlı toprak açığa çıkarak, geride, öteki iki ilkeden oluşan külü bırakıyordu.

Becher'in izleyicisi olan G.E. Stahl (1660-1734), 1703'te Becher'in çalışmalarına ilişkin uzun açıklamasında ve 1723'te yazdığı *Kimyanın Temel İlkeleri* adlı kitabında, bu kuramı geliştirdi. Yağlı toprağın adını «*flojiston*» olarak değiştirdi. Flojiston, yağ, odun ve odunkömürü (hiç kül bırakmadığı için aşağı yukarı arı flojistondu), kireçler (oksitler) vererek «yanabilen» bütün metaller gibi, yanabilen maddelerin tümünde bulunuyordu. Herhangi bir yanma ya da kireçleşme olayında, flojiston havaya veriliyordu; ama havanın flojistonu taşıma sığası çok sınırlıydı, yani doyum noktasına çabuk ulaşıyor, yanmayı uzun sürdüremiyordu. Bu yüzden, kapalı bir kaptaki mum çabuk sönüyordu.

Flojiston kuramı, yavaş yavaş kimyacıların desteğini kazandı ve 1750'lerde genellikle kabul edildi. Birçok iyi kuram gibi, daha önce ayrı ayrı ele alınan özellikleri, sözgelimi yanabilirlik ile metalliği, birbirine bağlıyor ve bilinen gerçeklerin çoğunu açıklayarak, yenilerini öngörüyordu. Sözgelimi, metallerin kireçleşmesi *(yükseltgenme)*, flojistonun açığa çıkmasıysa, sonradan odunkömürü ile tepkimede, flojiston yerini alabilmeli ve metal yeniden elde edilebilmeliydi. Gerçekten bu, metal oksitlerin karbonla ısıtıldıklarında *(indirgenme)* ortaya çıkan olaydır.

Öte yandan, flojistonun yeterince yararlı olmamasına neden olan tutarsızlıklar vardı. Kuram, yanma sırasında (sözgelimi odunun) bir «şey»in açığa çıktığı konusunda mantıklı bir varsayıma dayanıyordu. Ne var ki, bu varsayım yanan metallerin ağırlıklarının artmasını açıklamıyordu. Flojiston kuramını destekleyenlerin çoğu, bu tutarsızlığı görmezden geldiler ya da ağırlığın, kimyada önemli olmadığını

Joseph Priestley'i, flojiston kuramını savunması yüzünden alaya alan, XVIII. yüzyılda yapılmış bir karikatür. (üstte) Lavoisier'nin oksijenin varlığını göstermek için kullandığı aygıt. (solda) Karnideki cıva, ısı etkisiyle yükseltgendikçe, fanus içindeki havanın hacmi azalır.

ileri sürdüler. Bazıları da, flojistonun eksi ağırlığı olduğunu öne sürecek kadar ileri gittiler. Flojiston kuramının kimyacılara herhangi bir yararı olmadı. Birçok araştırmacı bu kuramın doğruluğunu kabul etti: ama laboratuvar çalışmalarında bundan ne biçimde yararlanacaklarını bilemedi.

Bilimde sık sık raslandığı gibi, flojiston kuramı, ancak yeni bir kuramın (LAVOİSİER kuramı) saldırı hedefi olduğu zaman savunuldu (Priestley, CAVENDİSH ve başkaları tarafından). LAVOİSİER, yanma olayını, oksijenle birleşme olarak ele alıyor ve ağırlıktaki değişikliklerle ilgili tutarlı açıklamalar getiriyordu. Lavoisier'nin öteki buluşları da, kimyasal araştırmalar için daha verimli bir temel sağladı ve flojiston kuramı kısa sürede bir yana bırakıldı.

FLÜDİK

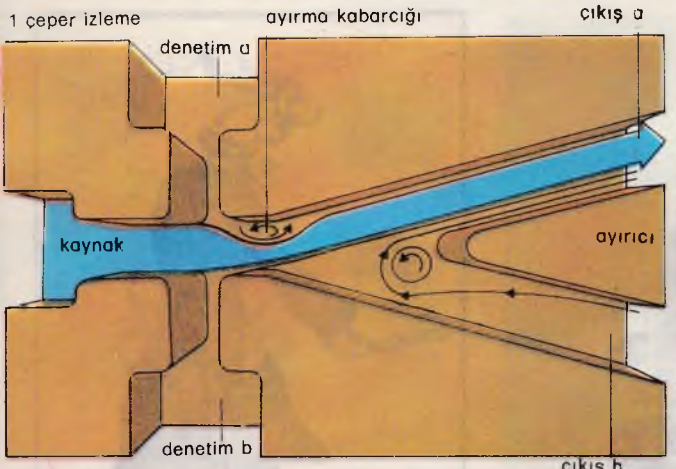
«Akışkan mantığı» anlamına gelen **flüdik** (ya da flüidik), elektronik MANTIK DEVRELERİ'ne benzer biçimde çalışan, akışkanlı denetim sistemlerinin tasarım ve uygulamalarını kapsar. Bu sistemler, TAKIM TEZGÂH'larının ve endüstri işlemlerinin denetimi için kullanılır. Flüdik bilimi, Henri Coanda'nın 1930' lardaki araştırmalarına dayanır ve A.B.D'ndeki Harry Diamond askeri gereçler laboratuvarında geliştirilmiştir.

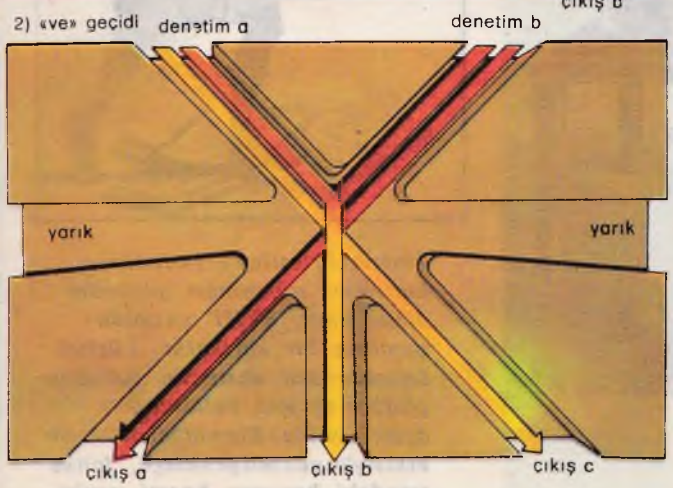
Mantık devrelerinde kullanılan akışkanlar, sıvı ya da gaz olabilir; ama gazlar, sıvılardan hızlı olduklarından daha çok kullanılır. Akışkan akımlarını denetlemenin çeşitli yolları vardır. Bunların en yaygını *«çeperi izleme»* ya da *«Coanda etkisi»* adı verilen yöntemdir.

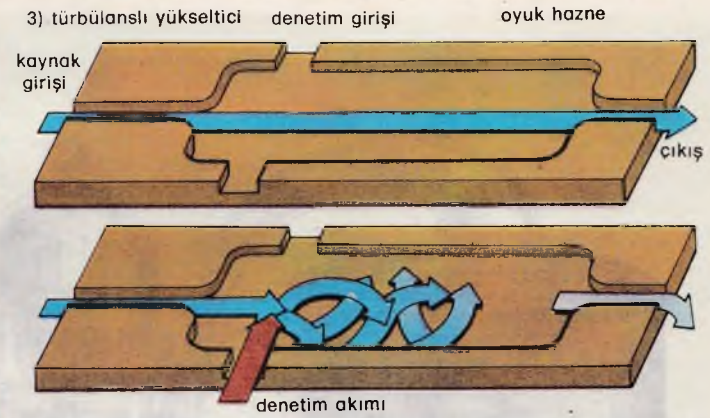
Coanda etkisi: Bu etki, Coanda tarafından 1900' lerde, roket motorlu bir uçak modelinin deneyleri yapılırken bulundu. Uçağın hareketi, önündeki bir çıkıştan geri atılan sıcak gazların sağladığı itkiyle sağlanmaktaydı. Gazlar geriye doğru, uçak gövdesiyle

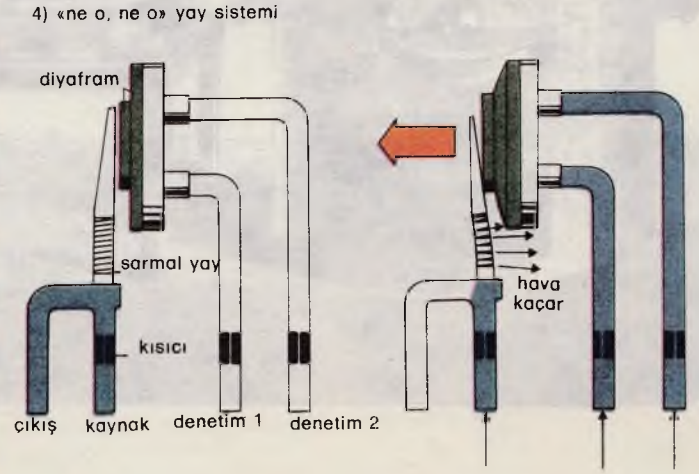
---

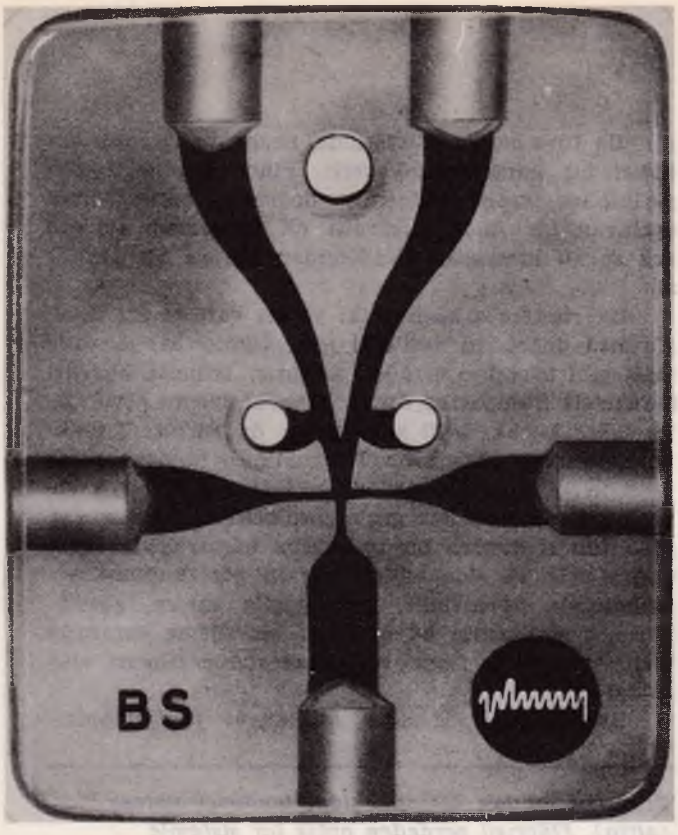
Flüdik aygıtların dört tipi: Çeper izlemeli yükseltici (1) içindeki akışkanın yönü, bir denetim akımıyla bir çıkıştan bir başkasına çevrilebilir. «VE» geçitli aygıt (2), her iki girişten kumanda geldiğinde, yalnızca «b»den çıkış verir. Türbülanslı yükselticide (3), laminer akışı bozmak için bir denetim akımı kullanılır, böylece çıkış basıncı düşer. «Ne o, ne o» yay sisteminde (4), hava normal olarak çıkışa akar. Denetim hattından bir uyarı gelirse, diyafram ileri çıkarak yayı eğer. Böylece hava, çıkışa gideceğine, yayın kıvrımları arasından kaçar.

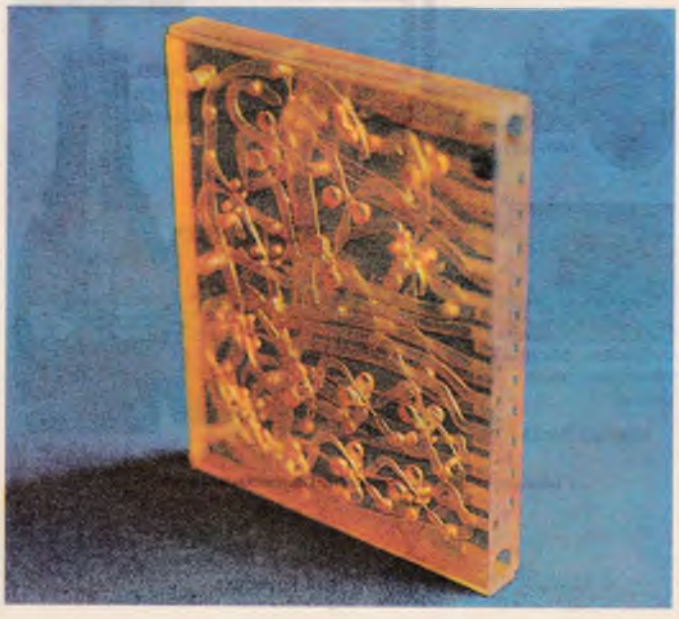












45°'lik bir açı yapacak doğrultuda yönlendirilmişti. Uçak hız kazanırken, pervanenin rüzgarı, sıcak gazların uçak gövdesine çarpmasına neden oldu ve uçak tutuştu. Bu olay nedeniyle deneylere son verildi; ama Coanda, yıllar sonra gazların uçak gövdesine yönelmesinin nedenlerini araştırdı ve flüdiğin temelini oluşturan kuramı geliştirdi.

Musluktan boşalan su, yerçekimi etkisiyle düz akar. Bu akımın içine katı bir cisim (sözgelimi bir parmak) sokulursa, su, bu katı cismin çevresinden dolaşır. Suyu, katı cisme değdiği yer dışında, bütün yönlerden etkileyen atmosfer basıncı, akıntıyı cisme doğru iter. Bu nedenle su, düz akmak yerine katı cismin bulunduğu yöne bükülür. Bu olaya, «*çeperi izleme*» ya da «*Coanda etkisi*» adı verilir.

Akışkanlar, çok keskin açılar yapmayan yüzeyleri, kendiliklerinden izlerler. Bu ilke, akışı *laminer* olan, yani akışı aynı paralel düzlemler içinde kalan, herhangi bir akışkana uygulanabilir. Laminer akış bozulduğunda, türbülanslı akış ortaya çıkar ve akışkan dağınık biçimde akar.

Kanal içinde, bir yüzeyi izleyerek akan akışkanın yolu, ona dik akan başka bir akışkanın etkisiyle değiştirilip, kanalın öteki yüzeyini izlemesi sağlanabilir. Değiştirici akışkanın sürekli akması gerekmez, kısa süreli bir etki yeterlidir. Ayrıca, değiştirici akışkan, asıl akışkandan zayıf olabilir. Küçük bir güçle büyük güçleri denetleme özelliği, flüdik yükselticilerin yapımına olanak vermiştir.

Flüdik aygıtlar: Askerlik ve uzay araştırmaları uygulamalarındaki olumsuz çevre koşullarında çalışabilecek flüdik aygıtların geliştirilmesi için, 1950'lerde ayrıntılı araştırmalar yapıldı. Amaç, elektronik parçaların kolayca bozulduğu yüksek sıcaklıklı, nemli ve ışınımlı ortamlarda kullanılacak flüdik devreleri geliştirmekti. Coanda etkisi ve *türbülanslı yükseltici* gibi ilkelere göre çalışan flüdik aygıtlar, elektronik devrelerle gerçekleştirilen temel mantıksal işlevleri yerine getirdi. Günümüzde, hiç bir hareketli parçası olmayan flüdik devreler yapılabilmektedir. Bunlar, düşük basınçlı (genellikle 0,14-0,49 bar, ama 0,035 - 1,76 bar arasında da olabilir) havayla çalışır.

Coanda etkisine dayanan mantıksal aygıtlar, çifte kararlı yükselticiler, «VE» geçitleri, «YA DA» geçitleri, ters «YA DA» geçitleri, «NE O, NE O» geçitleri ve sürgü kayıtlar kullanarak, bütün mantıksal işlev-

---

Çifte kararlı bir flüdik aygıt. (solda üstte) Hava, aygıtın altından girer ve yanlardaki denetim girişlerinden gelen uyarıya göre tepedeki iki çıkışın birinden çıkar. Çifte kararlı eleman, iki konumlu bir anahtar olarak kullanılır; çünkü hava, tepedeki çıkışlardan birinden çıkarken, öteki denetim girişi tarafından uyarılmadıkça, bu akımı sürdürür. İki konumda da kararlı olduğu için, bu eleman «çifte kararlı» diye adlandırılır.
Otomatik denetim için yapılmış bir flüdik şalter. (solda ortada)
Bir flüdik entegre devre modülü. (solda altta)

leri yerine getirebilmektedir. Bunlar, küçük hacimlere sıkıştırılabilen ve gerektiğinde bağlantıları ayrılabilen entegre devreler oluşturacak biçimde yapılabilmektedir.

Coanda etkisi ilkesine bağlı olarak çalışmayan ve büyük bir uygulama alanı olan bir flüdik aygıt da, türbülanslı yükselticidir. Bu aygıt, laminer akışlı bir hava akımı tüpünden oluşur. Laminer akışa dik çok küçük giriş etkisi, laminer akışı bozarak türbülansı başlatır. Bunun sonucunda, laminer çıkış ortadan kalkar.

Flüdik aygıtlardan, anahtarlarda ya da mantık devrelerinde yararlanıldığında, bunlar, basınç TRANSDÜKTÖR'leri ve valf gibi, elektromekanik ve elektronik aygıtlarla birlikte kullanılır. Yüksek basınçla çalışılması gereken yerlerde kullanılan bazı flüdik aygıtlarda, hareketli parçalar bulunabilir.

Kullanım alanları: Flüdik aygıtların çoğu, hareketli parçası olmadığı için, kullanılan hava temiz oldukça sorun çıkarmadan çalışır. Ortaya çıkabilecek başlıca aksaklık, bir boru bağlantısının ayrılmasıdır; bu da, kolayca bulunup onarılabilir. Ayrıca, flüdik aygıtlar elektronik mantık devrelerinden daha kolay anlaşıldığından, bakımları ve onarımları, özel eğitim görmemiş teknisyenlerce yapılabilir.

Entegre elektronik devrelerin hızla gelişmesi, flüdik devrelerin fiyat ve güvenilirlik bakımından üstün olma özelliğinin önemsiz sayılmasına yolaçmıştır. Flüdik devrelerin milisaniyeyle ölçülen çalışma hızları, milyon kez daha hızlı olan elektronik aygıtlara göre çok yavaştır. Ama hızın birinci derecede önemli olmadığı yerlerde, flüdik aygıtların sağlamlığı, güvenilirliği ve kolaylığı, elektronik aygıtlarla kolayca rekabet etmelerini sağlar. Flüdik sayısal BİLGİSAYARLAR da yapılmıştır; ama, yavaşlıkları nedeniyle kullanışsızdırlar. Flüdik aygıtların yararları, endüstri işlemlerinde, mekanik işlemlerde, takım tezgâhlarında ve benzeri uygulamalarda günden güne artmıştır. Ne var ki, yaygın biçimde kullanılmaları, ancak flüdik konusunda yapılan araştırmalarla ve daha iyi tanıtılmalarıyla gerçekleşecektir.

FLÜOR Bk. HALOJEN

FLÜORESAN LAMBA Bk. DEŞARJ TÜPÜ

FLÜORLAMA (suyu) Bk. HALOJEN

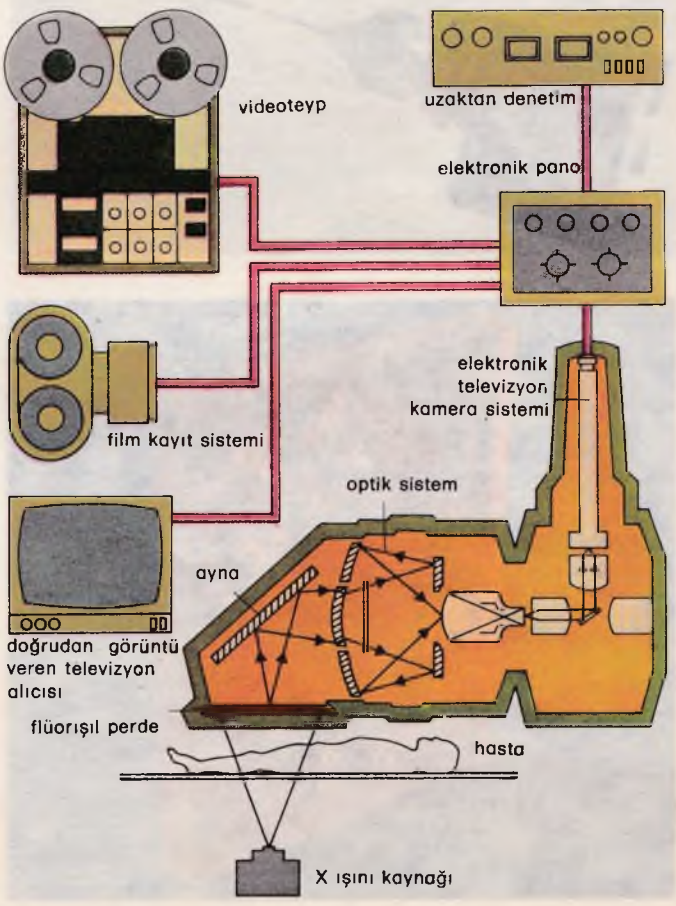
FLÜOROSKOPİ

Flüoroskopi, X IŞINLARI'nı fotoğraf kullanılmaksızın gözle görülebilen imgelere dönüştürme tekniğidir. Radyografide kullanılan geleneksel yöntemde, X ışınları, optik bakımdan filmin üstüne düşürülür. Bu film banyo edildiğinde, nesnenin iç yapısının kalıcı bir görüntüsünü verir. Flüoroskopide filmin yerini, incelenen nesnenin doğrudan görüntüsünü sağlayan bir *flüorışıl ekranı* (X ışınlaması sonucu ışık saçan kimyasal maddelerden oluşan bir perde) alır.

Bu yöntemin başlıca iki yararı vardır: Birincisi, görüntü doğrudan verildiği için, filmin banyo edilmesi gibi işlemleri ortadan kaldırır; ikincisi, bir dizi hareketsiz film yerine, nesne içindeki eylemi görüntüleyebilir. Ancak, belli sakıncaları da vardır. Tıptaki kullanımında, yüksek bir X ışınlaması hastaya zarar verebilir. Ayrıca, flüorışıl ekrandaki görüntü çok silik olduğundan, çıplak gözle görülebilmesi zordur. Bu görüntünün duyarlı bir televizyon kamerasıyla filme alınmasıyla ve elde edilen resmin parlaklığının artırılmasıyla önlenebilir. Televizyonla ayrıca, görüntünün boyutlarının büyütülerek bir izleme ekranına verilmesi ya da filme ve videoteybe çekilmesi olanaklıdır.

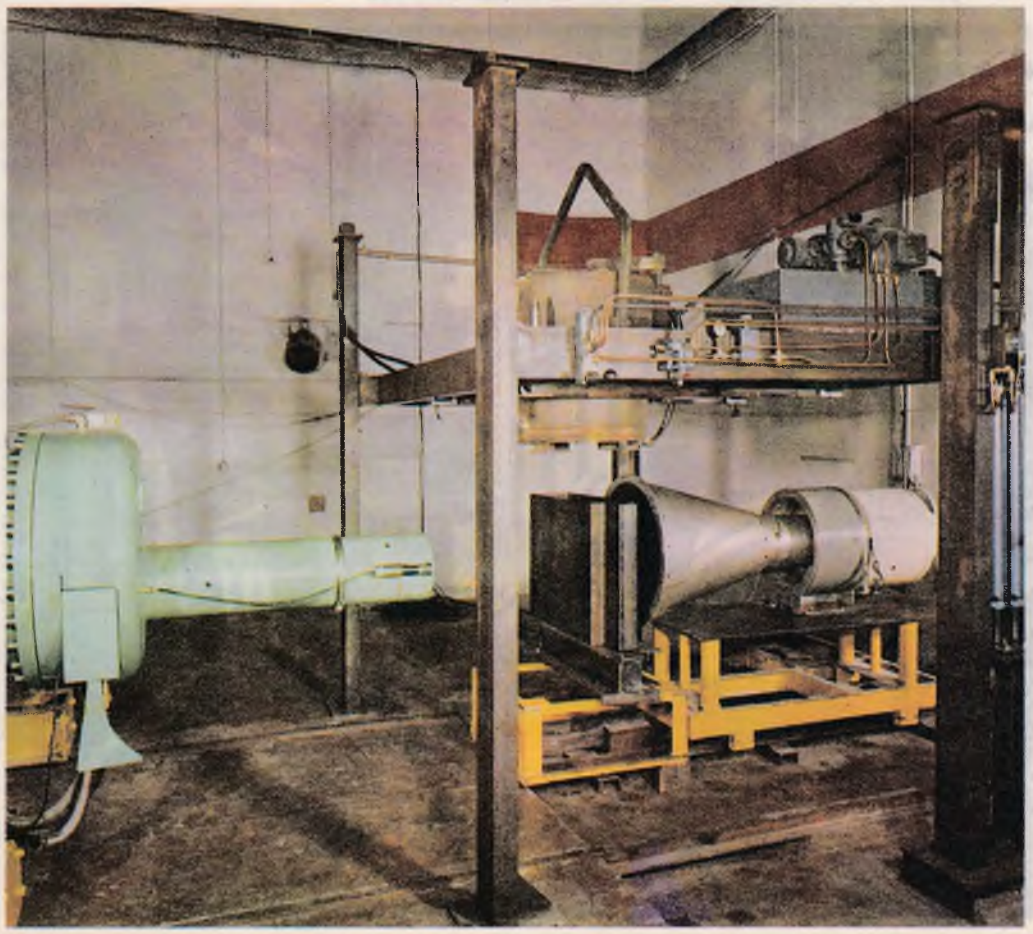
Uygulamalar: *X ışınlı televizyon flüoroskopisi-*

Tıpta kullanılan bir ışık şiddetlendirici sistem (altta). Flüorışıl perdeden optik bir sistemle toplanan ışık, şiddetlendirici tüple odaklanır. Görüntü, istenirse kayda geçirilebilir.



nin üç uygulama alanı vardır: Tıp; endüstri; araştırma. Aygıt ilk kez, tıp alanında uygulanacak biçimde, yani hastaya verilen X ışınının düşük tutulduğu yapıda tasarlandı. Bu yaygın uygulama alanında, aygıt, veremin ilk belirtilerini saptamak ve bedendeki sakatlıkları belirlemek için kullanılır. Sözgelimi, disk kaymasının teşhisi, radyografi bakımından saydamsız bir maddenin, omuriliğin kuşku duyulan bölümüne verilmesiyle gerçekleştirilir. Hasta hareket ettirilerek, maddenin akışı, X ışınlı televizyon flüoroskopisiyle doğrudan izlenir. Madde, hastalıklı diskin bulunmasını ve düzeltme işleminin daha etkili biçimde gerçekleştirilmesini sağlar.

Endüstri uygulamaları, daha çok, elektronik aygıtlar ile başka metal ürünlerin, yapım ve işlenme sırasında otomatik olarak denetlenmesine ilişkindir. Flüoroskopi, özellikle kaynak bağlantılarının niteliğini denetlemede çok yararlı olur. Havaalanlarında güvenlik nedeniyle bagajların görüntülenmesi ise, son uygulama biçimlerinden biridir. Araştırma ve geliştirme çalışmalarında flüoroskopi, çeşitli biçimlerde kullanılır. Motorların, türbinlerin, savaş araç ve donanımının doğrudan gözlenmesi, bu işlemlere ilişkin çalışmalara yeni boyutlar katmıştır. Erimiş çeliğin, kum kalıplar içinde akışının doğrudan izlenmesi, en yaygın uygulamalardan biridir. İşlemde erimiş çelik, tümü aynı kaynaktan beslenen bir dizi küçük dairesel



Hastaların flüoroskopi yoluyla muayene edilmesini sağlayan bir X ışını masası. (üstte) Burada görüldüğü gibi dik olarak, ya da yatay biçimde kullanılabilir. Hasta, önce ortadaki flüorışıl perde (turuncu) kullanılarak muayene edilir. Belirli bir bölgenin fotoğrafı istendiğinde, sağdaki film kaseti yana doğru çekilir. X ışını tüpünün örtüsü kapatılarak, bütün alan (36X36 cm), yarıya ya da bu alanın dörtte birine düşürülebilir.
Erimiş çeliğin kum kalıba akıp katılaşmasını gözlemede kullanılan X ışını flüoroskopisi araçları. (solda) Resmin solundaki Van de Graaff jeneratörü, bir hedefe çarparak X ışınlarının yayılmasına neden olan bir elektron akımı yaratır. Bunlar, kalıp taşıyıcının sağındaki perde üstünde saptanır.

yarıktan akarak yükselir. Ama bu besleme, aynı anda gerçekleştirilemediği ve metal bazı yarıkları atlayıp üsttekilere dolduğu zaman, ortaya önemli sorunlar çıkar. Flüoroskopi, günümüzde bu sorunu ortadan kaldırmıştır.

FLÜT Bk. NEFESLİ ÇALGILAR, TAHTA

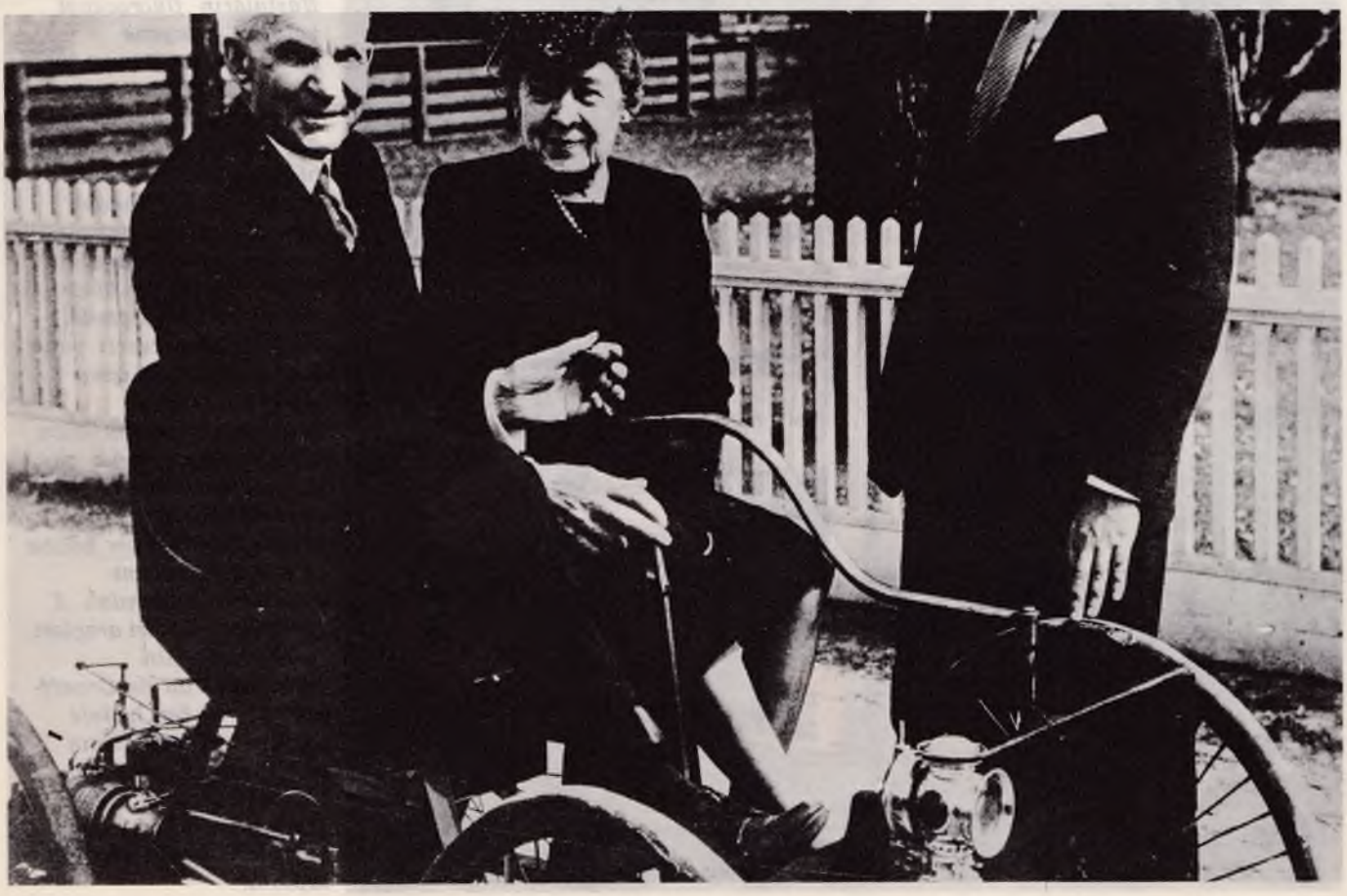
FORD, HENRY (1863—1947)

MONTAJ HATTI yöntemleriyle, yaşadığı yüzyılda, tüketim mallarının büyük artış göstermesine katkıda bulunan Henry Ford, Michigan'daki Dearborn yakınlarında bir çiftlikte doğdu. Çiftlik işlerini hiç bir zaman sevmedi; 12 yaşındayken bir buharlı traktör gördü ve çiftlik yaşamının sıkıntılarının makinalarla giderilebileceğini anladı.

Ford, 15 yaşında okulu bıraktı ve bir makina atölyesinde çırak olarak çalışmaya başladı. Geceleri de saat onarımıyla uğraşıyordu. Daha sonra iki yılını, çiftlik işlerinde kullanılabilecek kadar güçlü, ama her çiftçinin alabileceği kadar ucuz bir buharlı traktör yapmanın olanaklı olup olmadığını araştırmakla geçirdi. Amaca pek uygun olmadığından, buhar gücünden yararlanmaktan vazgeçmek zorunda kaldı. Dört zamanlı, tek silindirli bir İÇTEN YANMALI MOTOR yaptı. Bunda, çırakken üstünde çalıştığı Otto motorunu örnek almıştı. Denge için gerekli olan motor volanının ağırlığı yüzünden, tek silindirli motorun, taşıt araçları için elverişli olmadığını gördü.

1893'te Ford, biri güç verirken ikincisi egzoz zamanında olan, iki silindirli ilk otomobili yaptı. Bu otomobil, *Benz* marka arabaya benziyordu; ama daha hafifti. Planet mekanizmalı bir dişli kutusu ve kayışlı bir tahrik sistemi vardı. Kayışın yerinin değiştirilmesiyle, iki ileri, bir boş vites elde ediliyordu. Geri vites yoktu. Bu arabayı yaparken Ford, dönüşlerde her tahrik tekerleğine eşit güç dağılması için, «düzenleyici dişli»nin (DİFERANSİYEL) gerekli olduğunu gördü. O zaman, Detroit'in tek otomobili olan bu aracı Ford, 1,5 km yaptıktan sonra sattı; bir süre sonra da yeniden satın aldı.

O yıllarda Ford, bir elektrik şirketinde çalışıyordu. Şirket, bu «gazlı oyuncaklar»la uğraşmaktan vazgeçerse onu terfi ettirmeye söz vermişti. Ama Ford, işini bıraktı ve otomobil üretimine başladı. 1903'te 40 BG'lük dört silindirli motorları olan iki otomobil yap-



Henry Ford ve karısı, 1893'te yapılan ilk Ford otomobilinde. Bu otomobil, kayışlı tahrikle çalışıyordu ve vitesi yoktu. Ford onu Detroit'te kullandı, sonra sattı. Daha sonra yeniden satın aldı; günümüzdeyse, bir müzede saklanmaktadır.

A.B.D. otomobil endüstrisindeki ilk montaj hatlarından biri. Araba, hattın ucuna gelince, içinde koltukların da bulunduğu gövde bölümü, indirilip bağlanıyordu. Mekanik açıdan bütün T Modeli arabalar aynıydı; yalnızca gövdeler farklılık gösteriyordu.

tı ve bunları yarıştırmak için Barney Oldfield ile anlaştı. Böylece kazandığı ün, Ford Motor Şirketi'ni kurması için yeterli desteği sağladı.

Birkaç yıl, çeşitli üretim yöntemleri ve değişik modellerin yapımı üstünde çalıştı. Herkesin kullanabileceği ucuz ve güvenli bir otomobil yapabilmek için, yeterli deneyim kazanmaya çalıştı. Fiyatı ne kadar düşürülürse, otomobilin o kadar çok satılacağını kanıtladı. Çekme mukavemeti normal çeliğin iki katı olan vanadyum çeliğini bularak, otomobilin ağırlığını azaltmayı başardı. Şirkette denetimi ele geçirmesine yetecek tutarda hisse aldı ve 1908'de ünlü T Modeli'nin yapımına başladı. O yılın haziranında fabrika, ilk kez günde 100 araba üretmeye başladı.

T Modeli'nin, birbirine bağlandığında otomobili oluşturan, dört montaj grubu vardı: Motor bloku; şasi; ön dingil; arka dingil. Dört değişik tipi olan T Modeli'nin en ucuz modeli 825 dolara satılıyordu. İlk yılda 10 607 otomobil yapıldı. 1927'ye gelindiğinde, 15 000 000'dan çok T Modeli otomobil satılmıştı; sonuncusu da o yıl yapıldı. 1903'te 100 000 dolar değerinde sermayeyle işe başlamış olan Ford şirketinin, 1927'de yalnızca ihtiyat akçesi 700 000 000 dolardı.

Henry Ford, pratik zekalı ve inatçıydı. Üretimin amacının, topluma en düşük fiyat karşılığında en nitelikli ürünü sunmak olduğuna inanır ve kazancın kendiliğinden dengeleneceğini düşünürdü. T Modeli'nin büyük başarısına neden olarak, yalın ve güvenilir olmasını, yapılan değişikliklerin yalnızca daha iyi niteliğe ve daha düşük fiyata yönelik olmasını, satılmış olan arabaları gözden düşürecek bir özellik taşımadığı için modasının geçmemesini gösteriyordu.

Ford, her işçinin yaptığı işi, düşünme ya da yetenek gerektirmeyen bir tek yalın işleme indirgeyerek, montaj hattı yöntemini geliştirdi. Emeğin ve hammaddelerin fiyatları artarken, arabaların fiyatlarını düşürmeyi başardı. 1914'te bir kâra ortaklık tasarımı geliştirdi ve işçilere, gününün en yüksek ücretlerini verdi. Şirketinde çalışmak isteyenlerin sayısı öylesine büyüktü ki, kalabalıkla başa çıkmak için polis çağırmak zorunda kalındı.

Çiftçiliğe ilgisini hiç yitirmeyen Ford, Birinci Dünya savaşı sırasında traktör yapımına başladı. İlk modeller İngiltere'de kullanıldı. Çiftliklerdeki kadınlar, erkekleri savaştayken bu traktörleri kullanmayı öğrendiler.

Ford'un toplumsal ve siyasal görüşleri bazen zararlı olabiliyordu. İşçilerini sigara içmemeye ve düzenli olarak kiliseye gitmeye zorlamaya çalışıyordu. Yaşamının son yıllarında Yahudilere karşı eylemlerde bulundu. En büyük başarısı, bir ulusun ayağını yerden kesmek ve çiftçileri kırsal yaşamın sıkıntılarından kurtarmak oldu. Büyük bir otomobil istemi yaratmıştı; ama daha süslü, daha rahat otomobiller isteyen kitleyle bağını kopardı. 1927'de, fabrikalarına daha modern otomobillerin üretimi için yeni araçlar alındığı zaman, otomobil endüstrisinin bir numaralı adamı olma niteliğini yitirmişti. Bu özelliği, hiç bir zaman yeniden kazanamadı.

FORKLİFT Bk. ÇATALLI İSTİFLEYİCİ

FOSFOR

En bilinen biçimiyle fosfor (atom numarası 15; atom ağırlığı 30,97; simgesi *P*), havada kendiliğinden yanan, beyaz, muma benzer bir elementtir. Bu ametal, PERYODİK ÇİZELGE'de azot, arsenik, antimon ve bizmutla aynı grupta bulunur. Havayla tepkimeye girdiği için, genellikle su altında saklanır.

Fosfor ilk kez 1669'da, Alman Henning Brand tarafından, buharlaşmış sidikten elde edildi. Böylesine kolay tepkiyen bir elementin, bu kadar erken bir tarihte yalıtılmış olması şaşırtıcıdır. Fosfor, yalnızca havada yanmakla kalmaz, aynı zamanda, yükseltgenme sonucu ortaya çıkan kemilüminesans yüzünden (Bk. LÜMİNESANS), karanlıkta pırıldar.

1775'te İsveçli kimyacı C. W. Scheele, fosforun kemikten elde edilmesini sağlayan yalın bir yöntem geliştirdi. Bu yöntem yıllarca kullanıldı. 1840'larda fosforun ikinci bir biçimi, ya da «*alotrop*»u olan *kırmızı fosfor* bulundu. Bu alotrop, beyaz fosforun kapalı bir kapta 250°C ısıtılmasıyla hazırlanabilir ve beyaz fosfordan çok daha kararlıdır: Oda sıcaklığında havada yanmaz. Kırmızı fosforun bulunması, kibritin (Bk. KİBRİT ÜRETİMİ) geliştirilmesine yolaçmıştır. Çok yüksek basınçlarda (atmosfer basıncının 12 000 katı) beyaz fosfor, bir üçüncü alotropu olan *siyah fosfor*a

dönüşür. Grafite benzeyen ve elektriği ileten bu madde, pulsu billurlar biçimindedir.

Elde edilişi: Günümüzde kullanılan fosfor bileşiklerinin aşağı yukarı tümü, doğrudan doğruya filizinden yani beyaz fosfordan (P_4) ya da *ortofosforik asitten* (H_3PO_4) türetilir. En yaygın fosfor minerali A.B.D., Fas, Tunus ve S.S.C.B'nde bulunan flüoroapatittir ($Ca_5F\,[PO_4]_3$). Beyaz fosforu elde etmek için filiz, kum (silis, SiO_2) ve kok kömürüyle karıştırılıp, bir elektrikli FIRIN'da ısıtılır. Fırında, karbon çubuk elektrotlar vardır. Filiz, kum ve kok kömürü, dibi açık bir kovadan ısıtıcı bölgeye verilir. Fosfor buharı, tepkime karışımından damıtılarak, su altında yoğuşturulur. Filizdeki kalsiyum, erimiş silikat cürufu haline getirilir, düzenli aralarla ortamdan alınır ve su fıskıyeleriyle hızla soğutma yoluyla, taneli bir yapıya dönüştürülür. Artık demir ise, «*ferrofosfor*» adı verilen ve fırının dibine doğru çöken bir demir-fosfor bileşiği haline getirilir. Ortamdan alınan bu bileşik, pik demiri (kaba külçeler) halinde dökülür. Pik, çeşitli demir ALAŞIM'larının yapımında kullanılır.

Ortofosforik asit, doğrudan doğruya fosfat kayası filizinden ya da beyaz fosfordan hazırlanabilir. *Islak asit yöntemi*nde, fosfat kayası, sülfürik asitle tepkimeye sokularak, arı olmayan ortofosforik asit ile kalsiyum sülfat ($CaSO_4$) karışımı elde edilir. Bu iki bileşeni birbirinden ayırmak, sonra da ortofosforik asidi arıtmak oldukça karmaşık bir işlemdir. Bu yüzden asit, genellikle beyaz fosforun, fosfor pentoksit (P_4O_{10}) verecek biçimde havada yakılması ve ardından suyla işlem görmesi yoluyla hazırlanır.

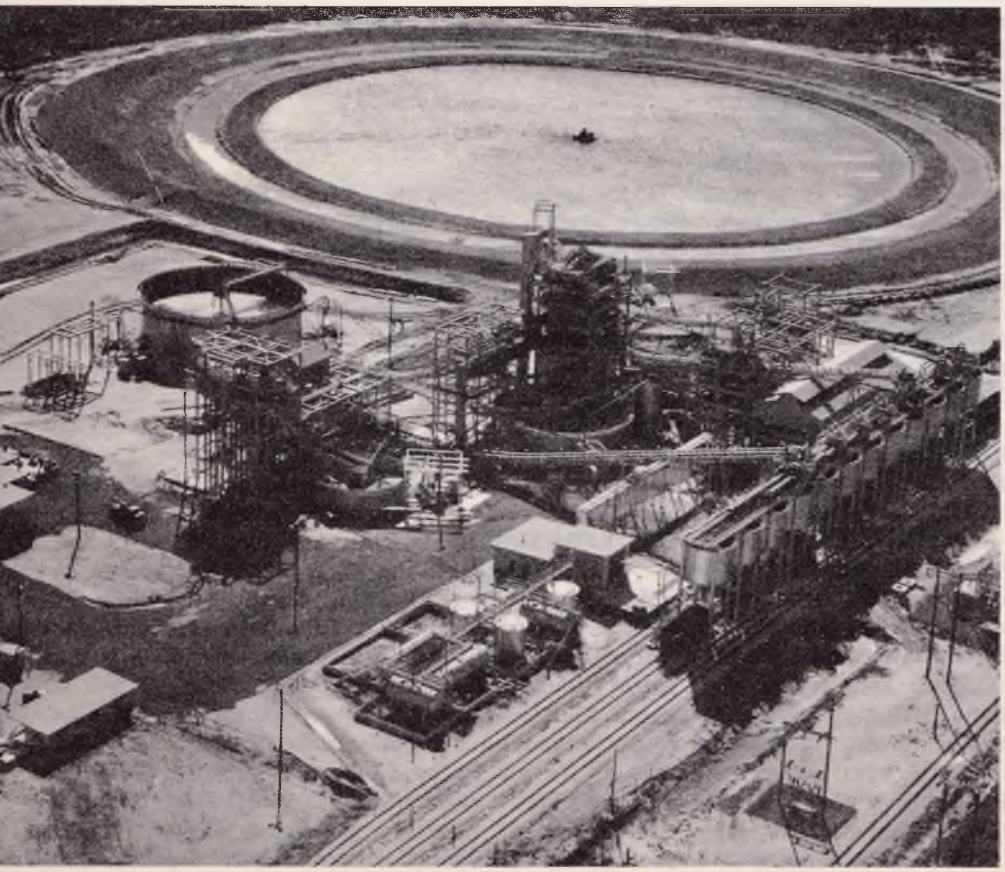
$$\underset{\text{fosfor}}{P_4} + \underset{\text{oksijen}}{5O_2} \longrightarrow \underset{\text{fosfor pentoksit}}{P_4O_{10}}$$

$$\underset{\text{fosfor pentoksit}}{P_4O_{10}} + \underset{\text{su}}{6H_2O} \longrightarrow \underset{\text{ortofosforik asit}}{4H_3PO_4}$$

Bazı metalürji işlemlerinde, kibrit üretiminde, çeşitli organik bileşiklerin bireşiminde ve yangın BOMBA'larında yararlı olmasına karşılık, fosfor, genellikle tek başına kullanılmaz. Yangın bombalarında, bomba çarpma etkisiyle patladığında, beyaz fosforun ateş-

Fosfatı, arı olmayan fosfat filizinden ayıran bir fabrika. (altta solda) Ayrım, yüzdürme yöntemiyle gerçekleştirilir ve artıklar, resmin gerisinde görülen havuza pompalanır. Arıtılmış fosfat, dibi açılabilen kovalara (solda) geçirilerek vagonlara yüklenir.

Sülfürik ve fosforik asit üreten bir fabrika. (altta sağda) Fosforik asit, fosfor bileşiklerinin en önemlilerinden biridir.



lediği, benzin gibi son derece parlayıcı bir dolgu maddesi vardır. Burada fosfor, genellikle çabuk buharlaşarak geride fosforu bırakan ve uçucu bir sıvı olan *karbon disülfür* (CS_2) içinde çözülmüş biçimde kullanılır. Havayla temas eden fosfor, hemen parlayarak bombanın ana maddesini tutuşturur.

Fosfor bileşikleri: Çıkarılan fosfat kayasının büyük bir bölümü GÜBRE yapımında kullanılır. Fosfat kayası sülfürik asitle işleme sokularak, yılda milyonlarca tonu bulan «süperfosfat» gübresi yapılır. Bu gübrede fosfat bileşeni *dikalsiyum ortofosfattır* ($CaHPO_4$).

$$6\,CaHPO_4 + 3\,CaSO_4 + 2\,Ca_5F(PO_4)_3 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow$$

dikalsiyum ortofosfat — kalsiyum sülfat — flüoroapatit — sülfürik asit

$$+ CaF_2$$

kalsiyum flüorür

Fosfat kayası, ortofosforik asitle işleme sokularak daha yoğun bir fosfat gübresi elde edilebilir. Ürüne «üçlü süperfosfat» adı verilir ve fosfat bileşeni *monokalsiyum ortofosfattır* ($Ca[H_2PO_4]_2$).

$$2\,Ca_5F(PO_4)_3 + 12\,H_3PO_4 \longrightarrow 9\,Ca(H_2PO_4)_2 + CaF_2$$

flüoroapatit — ortofosforik asit — monokalsiyum ortofosfat — kalsiyum flüorür

Fosforun başka bir kullanım alanı, suyun yumuşatılmasındadır. Suyu sertleştiren ve borularda taş gibi bir çökelti tabakasının birikmesine neden olan, magnezyum (Mg^{++}) ve kalsiyum (Ca^{++}) iyonlarıdır. Küçük miktarlarda fosfat, sözgelimi *sodyum tripolifosfat* ($Na_5P_3O_{10}$) eklendiğinde, bu iyonlar ya etkinliklerini yitirir ya da ayrılırlar. Bu yüzden, sodyum tripolifosfat, birçok deterjanın ana bileşenini oluşturur. Monosodyum ve disodyum ortofosfatlarından oluşan karışımın, döner fırında kavrulmasıyla elde edilir.

Fosfatların, bunların dışında da birçok uygulama alanı vardır. Monokalsiyum fosfat ve *sodyum asit pirofosfat* ($Na_2H_2P_2O_7$), pasta ve keklerde kullanılan kendiliğinden kabaran un ve kabartma tozuna katılır. Dikalsiyum fosfat, diş macunlarına parlatıcı madde olarak eklenir. Otomobil gövdesi gibi metalden yapılan parçalar, boyanmadan önce genellikle fosfatlayıcı bir çözelti içine batırılır. Metal üstünde ince, çözünmez bir fosfat tabakası oluşur. Bu tabaka, korozyonu önlemeye yardımcı olmasının yanı sıra, üstüne boyanın uygulanacağı düzgün bir yüzey oluşturur.

Fosfor ve HALOJEN atomları içeren birçok kim-

Askeri birliklerin hareketini gizlemek için duman perdesi yayan bir uçak. (altta) Beyaz fosfor, havayla temas edince, beyaz duman oluşturur.

yasal bileşik vardır: Sözgelimi *fosfor pentaklorür* (PCl_5); *fosfor triklorür* (PCl_3); *fosfor oksiklorür* ($POCl_3$). Fosfor pentaklorür ve fosfor triklorür, organik kimyada atomların organik bileşiklere katılmasında kullanılır. Böylece asetik asit (CH_3COOH) fosfor triklorür ile tepkiyerek asetil klorür (CH_3COCl) verir.

$$3\,CH_3COOH + PCl_3 \longrightarrow 3\,CH_3COCl + H_3PO_3$$

asetik asit — fosfor triklorür — asetil klorür — fosfit asidi

Fosforun bir hidrürü olan *fosfin* (PH_3), hafif sarmısak kokan, renksiz, zehirli bir gazdır. Fosforun, potasyum hidroksitle (KOH) tepkimesi sonucu ha-

Büyük oranda kalsiyum fosfat içeren kemikler, eskiden fosfor kaynağı olarak kullanılırdı. (üstte)

Bir fosfat kayasının oluşumu. (solda) Bu madde, günümüzde fosforun temel kaynağını oluşturur. Sülfürik ya da fosforik asitle tepkimeye sokularak gübre üretilir ya da kok kömürü ve silisle kavrularak fosfor elde edilir

zırlanır. Tabun, Sarin ve Soman sinir gazları, fosfor içeren organik bileşiklerdir. Bu bileşikler, son derece çabuk etki eder, deri yoluyla soğurulabilir ve kusma, ishal, bulantıya neden olurlar. Merkezi sinir sistemini etkileyerek, 15 dakika içinde ölüme yolaçarlar.

Fosfor bileşikleri canlı dokuların temel öğelerindendir. *Adenosin trifosfat* (ATP) ve *adenosin difosfat* (ADP) gibi organik fosfatlar, insan bedeninde enerji saklanmasında önemli bir rol oynar. ATP'nin ADP'ye dönüşmesini, beden tarafından başka metabolizma işlemlerini yürütmek için kullanılan enerjinin açığa çıkması izler.

FOTOÇOĞALTICI TÜP

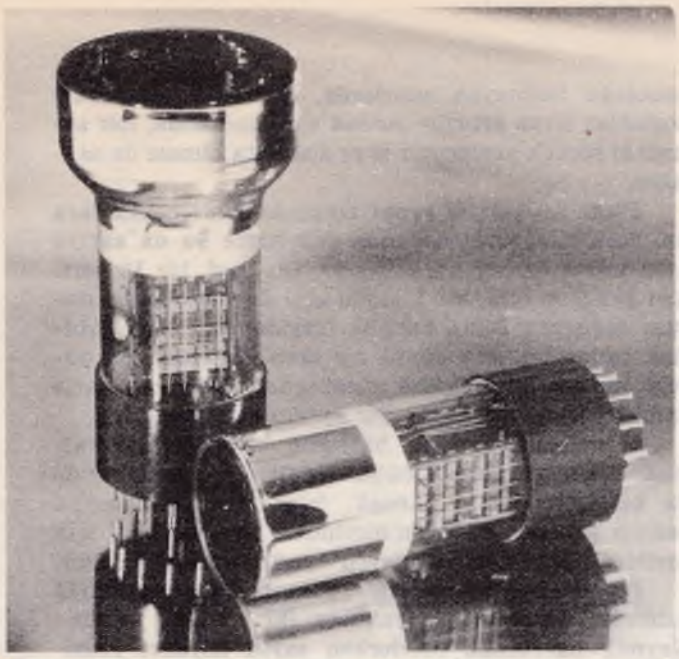
IŞIK demetlerinin şiddeti, FOTOSEL'lerle ölçülebilir. Fotosellerde, ışık ışınımlarının enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülür. Fotosellerin önemli bir türü de, *fotosalım* (fotoemisyon) ilkesine göre çalışanlardır. Ancak, bunlarda çıkış akımı çok düşük olduğundan, çıkışın elektronik olarak yükseltilmesi gerekir. Çıkış akımının küçük oluşu ayrıca, fotoselin algılama aralığını da sınırlar.

Bu sorunların ortadan kaldırılması için, *fotoçoğaltıcı* tüpler geliştirilmiştir. Bunlarla ilk fotosalımın şiddeti artırılır ya da *ikincil salım* işlemiyle çoğaltılır. Yeterli hızda bir elektron bir yüzeye çarpınca, bu yüzeyden, daha çok sayıda elektronun kopup ayrılmasına neden olabilir. Bu olaya «ikincil salım» adı verilir.

Temel ilkeler: Bir ışık demeti (fotonlar), bazı maddelere çarptığı zaman, ışıkla birlikte taşınan enerji, bombardıman edilen maddenin elektron enerjisini yükseltir; bu, elektronların, kendilerini atoma bağlayan kuvveti kırmasına neden olur. Elektronlar atomdan kurtulup fırlarlar. Bir elektrik devresi üstünden akması sağlanan elektronlar, ışık şiddetiyle orantılı bir akımın geçmesine yolaçarlar. Fotosalım öğesinin ilkesi budur.

Tipik bir fotoçoğaltıcı, havası boşaltılmış bir cam tüp ile bunun içine yerleştirilmiş, fotosalıcı bir malzemeyle kaplanmış metal bir plakadan *(katot)* oluşur. Görünür ışığın izlenebilmesi için kullanılan fotosalıcı malzemeye bir örnek, sezyum-antimon alaşımıdır. Fotosalımla katottan salınan elektronlar, «*dinot*» denilen artı yüklü ikinci bir plakaya çekilir. Dinota çarpan her elektron, ikincil salımla, dinottan çok sayıda elektronun kopmasına neden olur.

Fotoçoğaltıcı tüp içine bir dizi dinot yerleştirildiğinde, birinci dinottan salınan elektronlar, daha yüksek bir artı gerilimde tutulan bundan sonraki dinota doğru çekilir. Bu süreç, tüpteki bir dizi dinotu dolaşarak sürer. Ancak her dinot, kendinden öncekine göre daha yüksek bir artı gerilimde bulunmalıdır.



On basamaklı fotoçoğaltıcı tüp. (solda) Nükleer ışınım niceliğinin ölçülebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Her elektron çarpmasına karşılık, binden çok elektron salan dinotlar, kararlılığı sağlamak için panjur yapısında düzenlenmiştir. İkincil salınım yüzeyli dinodu bulunan bu fotoçoğaltıcı tüp (sağda), sezyum ve antimon alaşımından yapılmıştır. Çalışma gerilimi 1 250 volt, duyarlığı 80 A/lm'dir. Bir fotoçoğaltıcı cam tüpün ön plakasının kaynaklanması. (altta)

Yükseltme (amplifikasyon): Bir dinoda çarpan her elektron, ikincil salımda plakadan 4 elektronun salınmasına yolaçıyorsa, birinci dinottan 4, ikinci dinottan 4 × 4 (4^2) ya da 16 elektron, üçüncü dinottan ise, 4 × 4 × 4 (4^3) ya da 64 elektron salınacaktır. Öğede 11 dinot bulunuyorsa, bunlara bağlı bir dış devreden (4^{11}), elektronun neden olduğu bir akım geçecektir. Katoda çarpan fotonların sayısı artırıldıkça, yükseltme (amplifikasyon) oranı da kuşkusuz artacaktır.

Sonunda, «çoğaltılan» bütün elektronlar, sistem içindeki «*anot*» adı verilen bir plakada toplanır, buradan da dış elektrik devresine geçerler. Böyle bir sistemin ışığa duyarlığı çok fazladır ve bir fotoçoğaltıcı, insan gözünün fark edemeyeceği kadar küçük ışık şiddetlerini kolaylıkla algılayabilir.

Art arda gelen dinotlarda, elektronların yeterince hızlandırılması için, potansiyel farkı 100 volt düzeyinde olmalıdır. Ancak, bu tür aygıtlarda çok sayıda dinot bulunacağından, toplam çalışma gerilimi de yüksek olur. Yüksek gerilim tehlikeli olacağından, fotoçoğaltıcı tüpler, yalnızca başka yöntemlerle ölçülemeyen ışık şiddetlerine duyarlı olacak biçimde düzenlenir. Bu tür aygıtlara normal ışığın girmesi önlenmelidir.

Uygulama alanları: Fotoçoğaltıcı tüplerin en önemli uygulama alanlarından biri, radyoaktif malzemelerden yayılan ışınımın ölçülmesidir. Ölçülecek ışınım, üstü *fosfor* kaplı bir cam ekrana çarpacak biçimde ayarlanır. Cam ekran, fotoçoğaltıcı tüpün çok yakınına yerleştirilir ve fosforun yaydığı ışığın, doğrudan fotokatoda gitmesi sağlanır. Küçük bir çarpma, bir ya da iki elektronun salınmasına yolaçar. Ardından fotoçoğaltıcı, elektron akışını bir milyon kez artırır.

Devreden geçen akım ölçülür; fotoçoğaltıcının büyütme katsayısı hesaba katılarak, ışınımın niceliği bulunur. Fosfora çarpan ışınımın oluşturduğu ışığa *parıldama* (sentilasyon), aygıta da *parıltısayar* denir

FOTODİZGİ

Fotodizgi (*filmdizgi* de denir), harfleri, sayıları, noktalama işaretlerini ve öteki işaretleri doğru sırada seçip, fotoğraf FİLM'i üstüne düşürerek basım işlemine hazır duruma getirmek için kullanılan, otomatik bir işlemdir (Bk. TİPO BASKI ve LİTOGRAFİ). Harfler genellikle, makinanın içine yerleştirilir. Makina, harflerin büyüklüğü ve tipi, hangi sırayla dizileceği, satır uzunluğu, satır arası boşlukları gibi özellikler konusundaki komutları, ya delikli bir banttan, ya 7-9 kanallı magnetik bir banttan ya da magnetik disklerden alır (Bk. BİLGİ SAKLAMA).

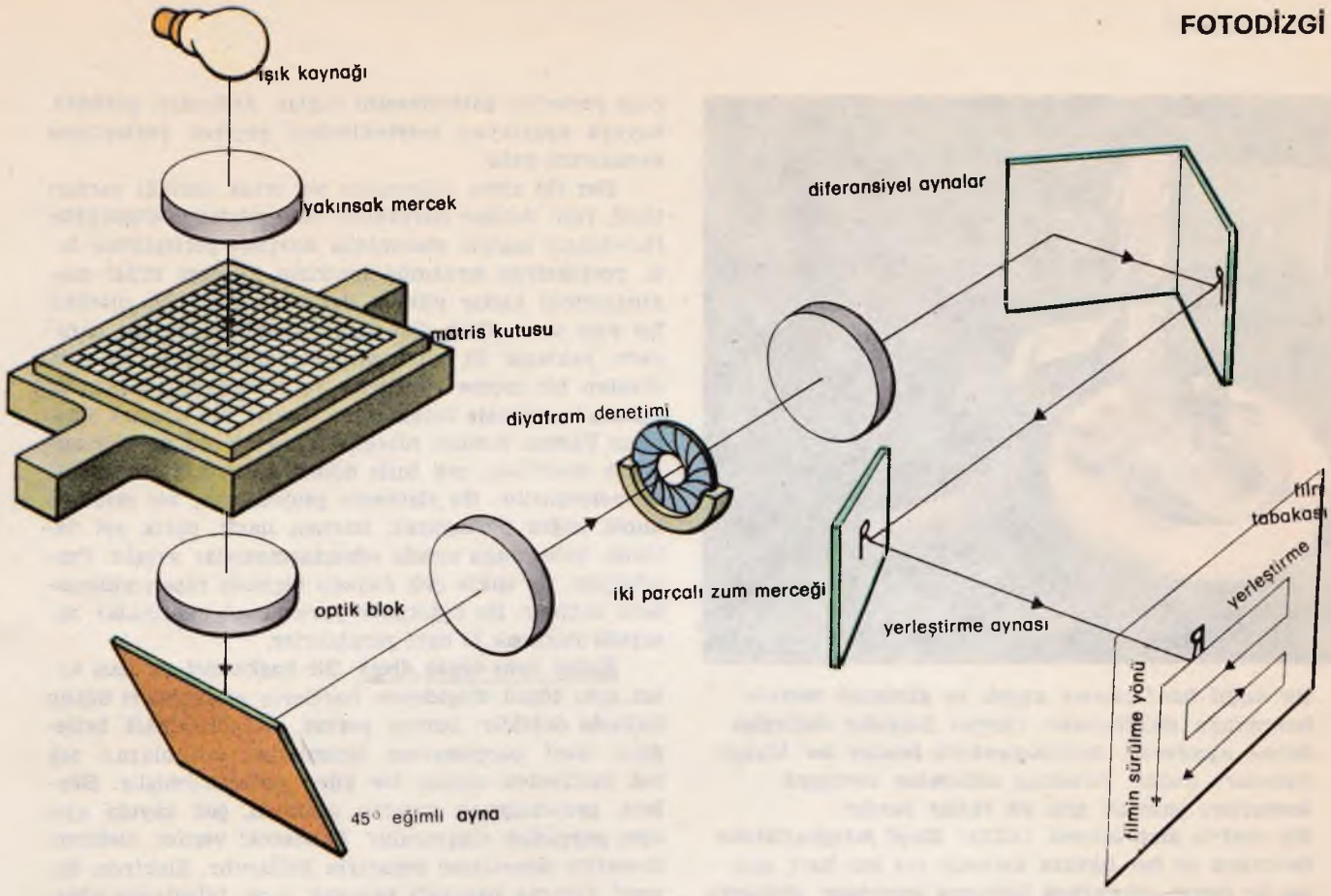
Dizilmiş (basılmış) yazılar ile sıradan bir yazı (sıradan daktilo yazısı) arasındaki temel farklardan biri, daktilo yazısında solda düzgün bir marj bulunmasına karşılık, satırların sağ yanının aynı hizada olmamasıdır. Buna karşılık, basılmış yazılarda, satırların tümü aynı boydadır. Bunu sağlamak için, gerekli uzunluğu bulmayan satırlarda, sözcükler arasındaki boşluklar biraz artırılır. Ancak aynı zamanda, her satırdaki sözcük aralarının aynı açıklıkta olması da sağlanır.

Dizgi ile daktilo yazısı arasındaki bir başka fark da, DAKTİLO'ların çoğunda her harfe ya da sayıya aynı miktarda yer ayrılmasıdır. Bu harf, bir M harfi gibi geniş de olsa, bir 1 sayısı gibi dar da olsa bu durum değişmez. Buna karşılık dizgide, harflerin birbirine uydurulmasına büyük bir özen gösterilir. Bu durum, yazının görünüşünü güzelleştirir; ama her harfe yalnızca gerektiği kadar yer ayrılmasını gerektirir.

Satır taşırmama ve harflerin birbirine uydurulması işlemleri, metal döküm harfli dizgi yönteminde de kullanılmaktadır. Ancak, fotodizgi makinalarına verilen verilerin en önemlilerinden biri, her harf için ayrılacak olan yeri belirleyen «yerleştirme» bilgisidir.

Projeksiyon sistemleri: Yazı malzemesini sayfa üstünde düzenlemenin yalnızca iki yöntemi vardır: Kaynak hareketsiz tutulurken sayfa hareket ettirilir (birçok daktilonun şaryosunda olduğu gibi); her görüntü, satırdaki doğru yere projeksiyonla düşürülür. Fotodizgi makinası üreten çeşitli yapımcılar, bu düzenleme işlemi için değişik yöntemler geliştirmişlerdir; ancak çoğu, iki ayna sisteminden birini kullanır.

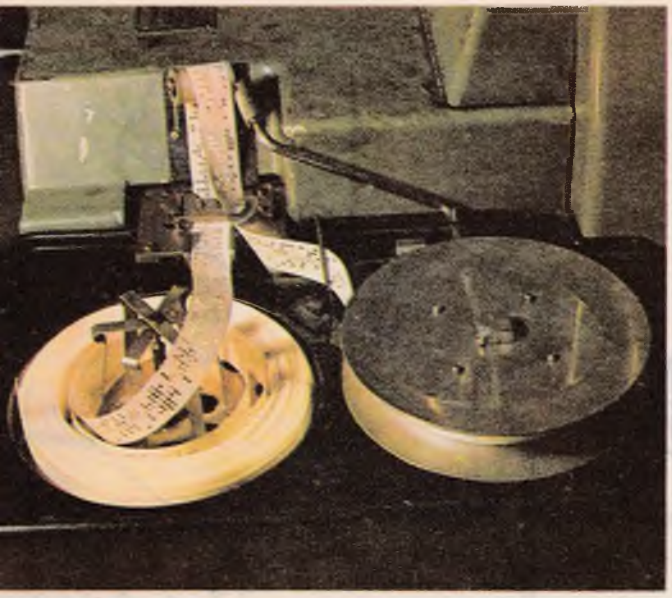
Temelde birbirine benzeyen bu iki sistem arasında, ışık kaynağı ile harflerin saklanması, seçilmesi ve yazılması alanlarında bazı farklar vardır. Sistem-



Bu fotodizgi sisteminde (üstte), film matrisleri bir kafes biçiminde düzenlenmiştir. Kafes, bir ışık kaynağının altında hareket ettirilir ve her harf sırayla, ışıktan geçirilir. Görüntüler daha sonra, bir mercek ve ayna sisteminden geçirilip filme düşürülür. Makina, küçük bir bilgisayar gibi, bellek aygıtına bir program yüklenerek programlanır. Program, 31 kanallı bir bantta bulunur. Harflerin ya da işaretlerin seçimi, gene 31 kanallı bir başka bantla denetlenir. Matris kutusu, pnömatik kollarla, istenen konuma getirilir. Delikli bant hazırlamak için kullanılan bir makina (solda) Bu makina, elektrikli daktiloya benzer; ama ayrıca, kodlanmış komutların yazılmasını sağlayan iki klavyesi vardır.

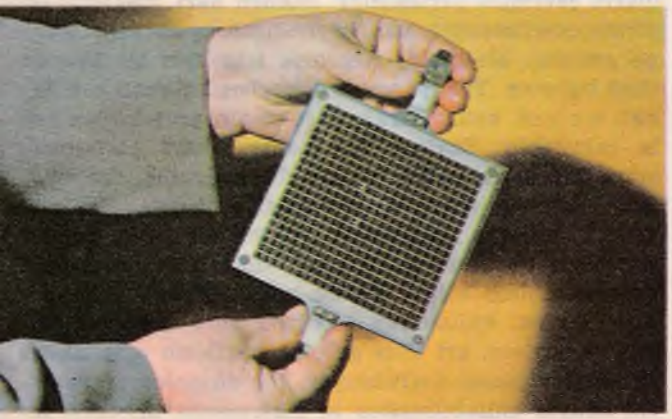
de 400 film *matrisi* (her birinde bir harf görüntüsü bulunur), 20 × 20'lik kare biçimli bir kafes gibi düzenlenmiştir. Her harf, tıpkı haritadaki referans noktalarına benzeyen ve sütunlar ile satırları tanımlayan yalın, iki parçalı bir adresle belirlenir. Matris kutusu, iki yönde hareket ettirilerek, istenen matrisin, tek ışık kaynağı altına gelmesi sağlanır. Işık kaynağı mekanik bir kapakla denetlenir. Matristen harf görüntüsünün biçimini alan ışık ışını, bir yakınsak mercekten geçer (Bk. PROJEKSİYON MAKİNALARI), çapraz bir aynayla 90° çevrilir, bir ZUM merceğinden geçer (bu mercek harfin büyüklüğünü ve odaklamayı denetler), sonra da bir hareketli ayna sistemine gelir. Bu sistem, harfleri sayfanın üstüne, doğru sırada ve doğru aralıklarla yerleştirmek için kullanılır.

İkinci ayna sistemindeyse, film matrisleri dört diskin çevresine yerleştirilir. İstenen harf, disklerin iki yönde çevrilmesiyle, ışık kaynağının optik yolu üstüne getirilir. Makinada her disk için ayrı bir ksenon tüpü bulunur. Yarı yansıtıcı yüzeyleri bulunan çok aynalı bir blok kullanılarak, dört diskin projeksiyon yolu çakıştırılır. Böylece, bir diskteki harf görüntüsü, ortak bir optik hedef üstüne düşürülebilir. Projeksiyonla istenen matrisin verilmesi amacıyla disklerin gerekli konuma getirilmesi, yüksek bir hızla yapılır. Harflerin ve öteki işaretlerin, dört disk çevresinde gruplandırılma biçimi de, bu hızı artıracak düzendedir: Harfler, kullanılma sıklığına göre değerlendirilmiş ve böylece, art arda gelecek harflerin aynı diskte yeralma olasılığı azaltılmıştır. Bu düzenleme, disklerin sırayla kullanılmasını ve matrislerin, önceden se-



Bir kağıt-bant okuma aygıtı ve dizilecek metnin bulunduğu delikli-bant. (üstte) Kağıdın delindiği delme aygıtında, daktiloyunkine benzer bir klavye bulunur; ancak, fotodizgi sistemine verilecek komutları yazmak için ek tuşlar vardır.

Bir matris disk takımı. (altta) Slayt fotoğraflarına benzeyen ve her birinin üstünde tek bir harf, sayı ya da işaret görüntüsü bulunan matrisler, disklerin çevresine yerleştirilmiştir.



Bir başka harf ve işaret matrisleri depolama yöntemi de, bunları, bir kafes biçiminde düzenlemektir. Resimdeki kafeste (solda), yaklaşık 400 harf matrisi bulunmaktadır.

çilip yerlerine getirilmesini sağlar. Ardından görüntü, boyutu ayarlayan merceklerden geçerek yerleştirme aynalarına gelir.

Her iki ayna sisteminin bir ortak özelliği vardır: Harf, film üstüne hareketsiz bir matristen düşürülür. Hareketsiz matris sisteminin harfleri yerleştirme hızı, projeksiyon sırasında matrisin hareket ettiği makinalarınki kadar yüksek değildir; ama çok nitelikli bir yazı verir. Dört disk kullanan ikinci sistem, saniyede yaklaşık 35 harf projeksiyonu yapar. Bu hız, diskten bir seçme yapılacak ve projeksiyon sırasında matris hareketsiz tutulacaksa, pratik hız sınırını oluşturur.Yazma hızının nitelikten önemli olduğu durumlarda matrisler, çok hızlı dönen cam disklerin üstüne yerleştirilir. Bu sistemde projeksiyon, bir stroboskopik ışığın parlayarak, istenen harfi, optik yol üstünde bulunduğu sırada «dondurmasıyla» yapılır. Projeksiyon, bu ışıkla çok duyarlı biçimde nişan alınmasına bağlıdır. Bu sistemden yararlanan makinalar, saniyede yaklaşık 75 harf yazabilirler.

Katot ışını tüplü dizgi: Bir başka sistem olan katot ışını tüplü dizgideyse, harflerin görüntüleri bütün halinde değildir; bunun yerine, BİLGİSAYAR belleğine, harf parçalarının biçimlerini tanımlayan tek tek verilerden oluşan bir küre yerleştirilmiştir. Böylece, projeksiyonu yapılan görüntü, çok sayıda ayrı ayrı parçadan oluşturulur. Bellekteki veriler, elektron demetini denetleme amacıyla kullanılır. Elektron demeti, tarama hareketi yaparak, tıpkı televizyon alıcısında görüntünün ortaya çıkışı gibi, harfleri bir KATOT IŞINI TÜPÜ'nün perdesine «çıkarır» ve harf, film üstüne kaydedilir.

Öteki katot ışını tüplü makinalarda, daha önce anlatılan sistemlerin bir karışımı bulunur. Bunlarda, kafes biçimli bir kutuda bulunan film kalıplarını taramak için, bir elektron demeti kullanılır ve görüntü, optik bir sistemden geçirilerek filmin üstüne düşürülür.

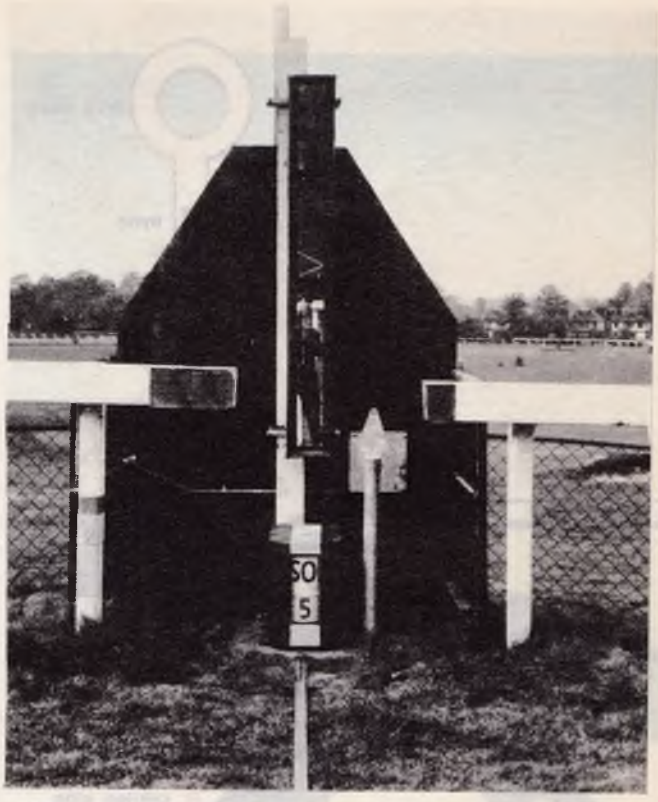
Satır atlama: Bir satır tamamlanınca, filmi süren aygıt, bir *satır atlama* sinyali alır ve film, istenen satır arası boşluğu ortaya çıkaracak biçimde, önceden belirlenmiş bir miktarda «sarılır». Metinde bu, satırlar arasında değişmez bir aralık biçiminde ortaya çıkacaktır; ancak, paragraflar arasında, değişik tür harflerle dizilebilecek alt başlıklarda, bölüm başlıklarında ve dipnotlarında bu aralık değişebilir. Yazının bütünü ışığa duyarlı bir malzemeye (bu malzemeye genellikle «film» denilmesine karşılık, saydam olmayan bir kağıt da kullanılabilir) geçirildikten sonra, kaset, makinadan alınarak işlemden geçirilir.

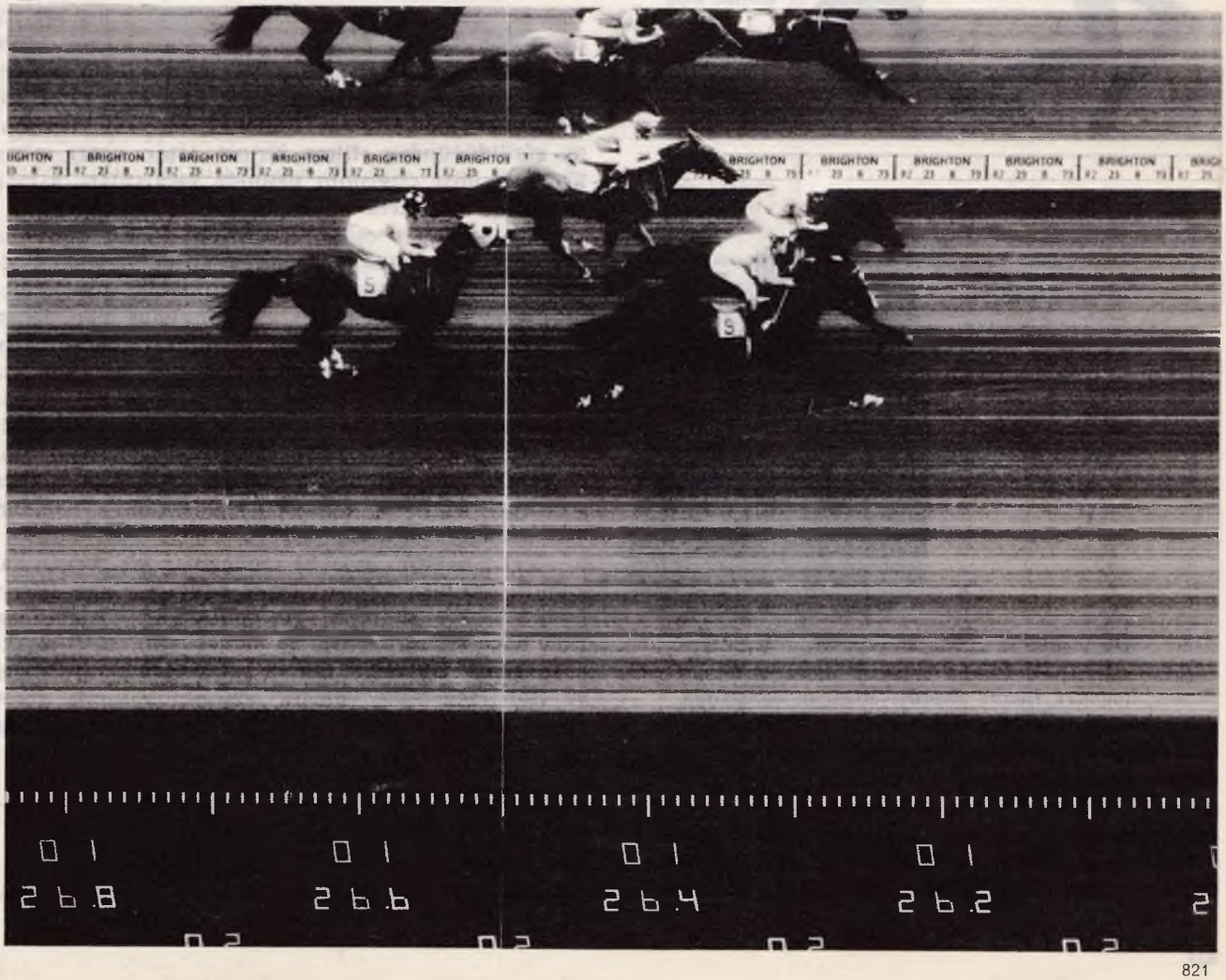
İşlemden geçirilen film, sayfa planına göre, başlıklar, sayfa numaraları ve şekillerle birlikte yerleştirilir. Hazırlanmış sayfanın fotoğrafı çekilir; bundan da, baskı blokları ya da litograf plakaları alınır.

FOTOFİNİŞ

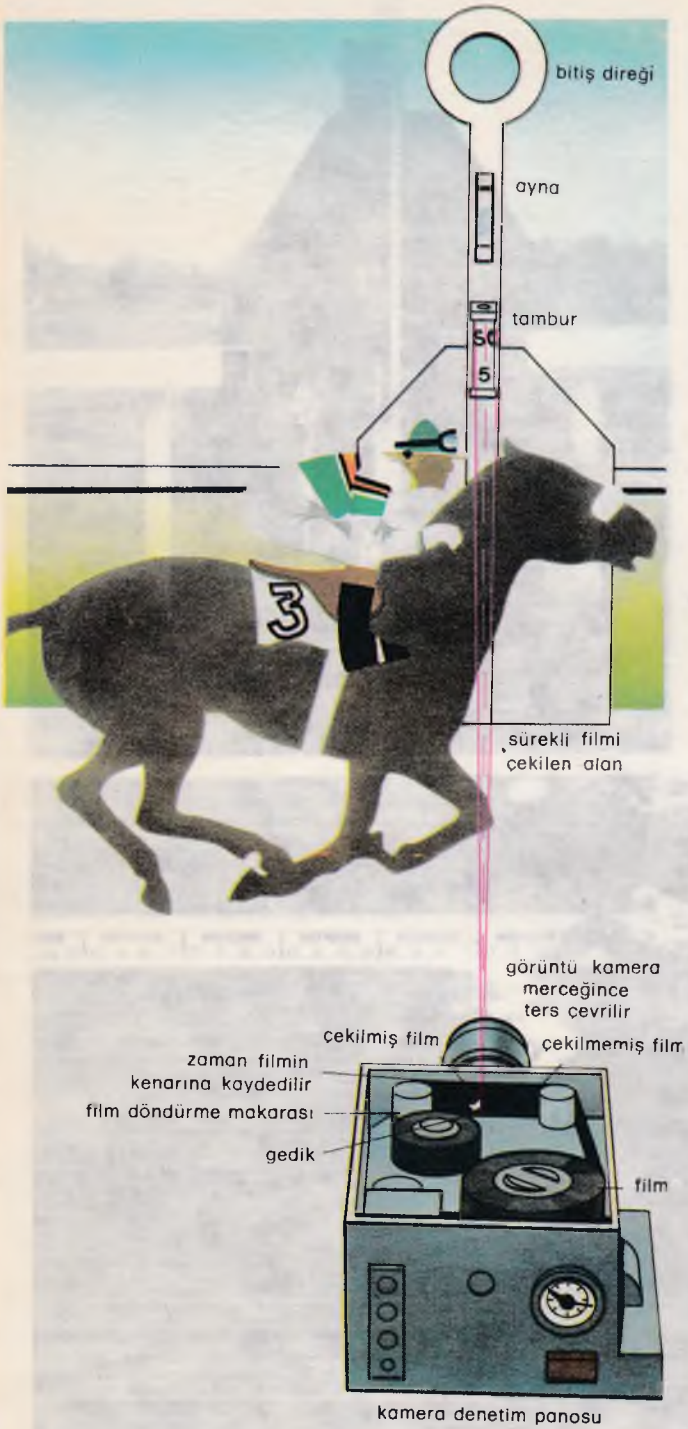
Yarışan atların (ya da herhangi bir yarışta koşan öteki yarışmacıların), yarışın sonunda, tam bitiş çizgisini geçtikleri sırada nasıl dizildiklerini kesin olarak saptayabilmek için, fotoğrafçılıktan yararlanma yolunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bitiş çizgisini geçen ilk atın bir fotoğrafı çekilebilir; ama bu, birincinin arkasından gelmekte olan öteki atların bitiş çizgisini geçişlerini saptayamaz. Bu amaçla, hızlı çekimli sinema kamerası kullanılabilir. Ne var ki, sinema kamerası, hem çok film tüketir ve kullanılması zaman alır, hem de sinema kamerasında film geçtikçe açılıp kapanan perde yüzünden, bitiş çizgisinin tam aşılma anı filme alınamayabilir.

Fotofiniş kamerası bu nedenle geliştirilmiştir. Fo-





At yarışlarındaki bitiş noktası. (sağda) Resimde, ayna ve her bitişten sonra, bir sonraki yarışın numarasının yazıldığı döner tambur görülmektedir. Ayrıca, aynadan yansıyan kamera da belli olmaktadır. Yarışlarda genellikle, değişik odak uzunluklu iki kamera kullanılmaktadır.
Bir fotofiniş örneği. (altta) Zaman, soldan sağa kaydedilmiştir. 5 ve 9 numaralı atların bacaklarının bükülü durumu dikkat çekicidir.



Atlar bitiş çizgisine yaklaştıklarında, fotofiniş kamerası işleticisi daha önceki deneylerine dayanarak, filmin hareket hızını saptar. Atların kameraya yakın ya da uzak koşmalarına göre, değişik düzenlemelere gidilir. Tamburun dönüş hızı, yazılar çarpık çıksa bile okunabileceği için, sorun yaratmaz. Bu kameralarda deliksiz 35 mm'lik film kullanılır. Filmi sarmak için dişlere takılacak olan delikler, sonuçta belli belirsiz bir eşitsizlik ve düzensiz dikey çizgiler ortaya çıkarabileceği için kullanılmaz. (üstte)

tofinişte, kameranın objektifinden görülen yarışmacıların zayıflatılmış görüntülerinin bir cetvelde belirtilen hızına uygun bir hızla sürekli dönen bir film kullanılır. Bu ilke, ilk kez 1906'larda, çok büyük sayıda insanın, sözgelimi bir okulun bütün öğrencilerinin fotoğraflarını çekebilmek için kullanılan *panoramik kamera*ya uyarlanmıştı. Bu yöntemde, öğrenciler makinanın çevresinde toplanıyor, makina da fotoğrafı, başlangıç ve bitiş bölümleri değişik zamanlarda olacak biçimde, dönerek çekiyordu. Aynı fotoğrafta iki kez yeralmak için, bazı öğrencilerin sonradan öteki uçtakilerin arasına karmalarında da sık raslanan olaylardandı.

Aynı yöntem, İkinci Dünya savaşında, yerin göreli hareketinin çok hızlı olduğu HAVA FOTOĞRAFÇILIĞI'nda kullanıldı. Bu tür çekimlerde, konu ile filmin aynı hızda hareket etmesi gerekiyordu. Sonradan bu ilkenin, fotofiniş kameraları için de geçerli olabileceği ortaya çıktı.

Normal sinema kamerasında, hızla inip kalkan perdenin yerini, sürekli açık tutulan ve kameranın yatay görüş açısını çok dar bir dikey şeride alan, bir ışık alma gediği almıştır. Bu gedik, bitiş çizgisi doğrultusuna ayarlanır.

Kameranın kısıtlı görüş alanı nedeniyle, bitiş çizgisinin gerisinde ve ilerisinde olup bitenler filmde izlenemez. Buna karşılık, ışığın gireceği aralık sürekli açık olduğu için, çizginin üstünde yeralan her şey filme alınır. Çizgiyi geçen bir atın önce burnu, sonra başı ve kulakları, son olarak da çizginin üstünden geçen gövdesi ve kuyruğu görülür; ama atın tümü hiç bir zaman filme alınmaz. İkinci at ise, birinciden sonra görüldüğünden, filme birinci attan sonra girer. Kamera, bitiş çizgisinin üstünde yeralanları, zaman sırasına göre, hareketli filmin üstüne almaktadır.

Zamanlamalı çekim nedeniyle filmin kenarına her atın geçiş zamanının, sonradan okunabilecek biçimde yazılması olanaklıdır. Yanlışlıklara yer vermemek için, pistin karşı tarafına konulmuş olan dönen bir tamburun üstüne, yarışın tarihine ve piste ilişkin bilgiler yazılır. Gene o yana yerleştirilen bir aynadan, birden çok atın bitiş çizgisine girip, öndekinin ötekileri kapaması durumunda, atların öteki yönden görülebilmesi sağlanır. Böylece, yarışın bitiş çizgisi üstünde yeralan olaylara ilişkin tam bir kayıt yapılır. Film şeridinin uzunluğu, atların geçiş aralığına bağlıdır; ama genellikle 60 cm'yi geçmez.

Yarış hakemi, başabaş sonuçlanan bir yarışın kayıtlarını en kısa sürede görmek isteyeceği için, filmin hemen banyo edilmesi gerekmektedir. Kullanılan film önceden sertleştirilmiş olduğu için, 43°C sıcaklıkta banyo edilebilir. Banyo yalnızca 8 saniye sürer ve film, genellikle kamera odasının yanında görev yapan hakemin izlemesi için, toplam 30 saniye içinde hazırlanır.

FOTOĞRAF Bk. FOTOĞRAF BANYO İŞLEMLERİ; FOTOĞRAF MAKİNASI; FİLM

FOTOĞRAF BANYO İŞLEMLERİ

Fotoğraf filmi ya da kağıdı üstünde normal olarak, çekimden sonra gözle görülen bir görüntü oluşmaz. Yalnızca, ışığın etkisiyle gümüşe dönüşmüş, gümüş bromür (Bk. HALOJEN) billurlarından bir *gizli* görüntü bulunur (Bk. FİLM). Gizli görüntüyü, bir dizi kimyasal işlemle açık ve kalıcı görüntüye dönüştürmeye «*banyo işlemi*» denir. Banyo işlemi, birkaç temel evrede gerçekleştirilir: Developman (birinci banyo da denir); tespit; ağartma. Yalnızca bu temel evrelerin farklı sıralamalarla ve değişik biçimlerde uygulanmasıyla, değişik sonuçlar elde edilebilir.

Banyo işlemlerinin ilk ve en önemli evresi developmandır. Developmanda, ışık görmüş olan gümüş tuzu grenleri, GÜMÜŞ'e indirgenir (Bk. YÜKSELTGENME VE İNDİRGENME):

AgBr + banyo → Ag + Br + yükseltgenmiş banyo

gümüş bromür malzemesi — gümüş — bromür iyonu

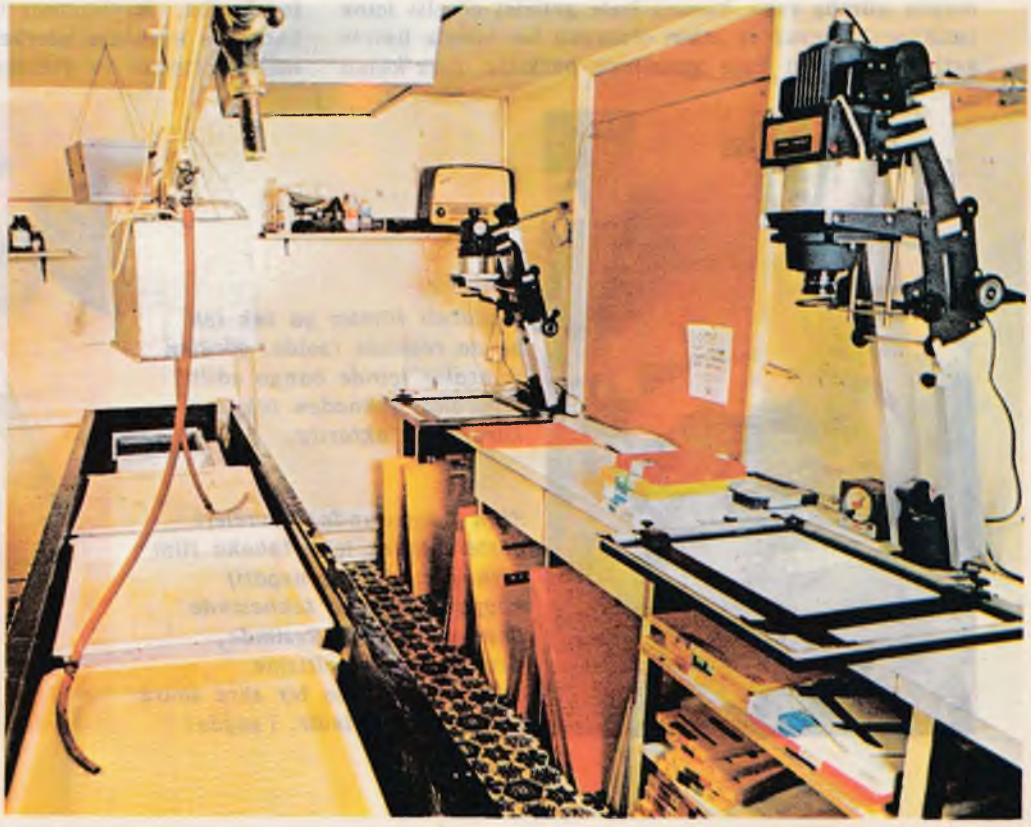
Bu süreçte, ışık görmemiş grenler, etkileşime uğramaz. Poz verme sürecinde oluşan ve yalnızca 10 gümüş atomu içeren gizli görüntü noktacığının, toplam 10^{10} (10 000 000 000) gümüş atomu içeren bütün greni indirgemeye sokma özelliği, fotoğrafçılık maddelerinin yüksek duyarlıkta olmasının temel nedenidir.

Banyoda, buna uygun bir indirgeyici ya da iki indirgeyiciden oluşan bir karışım bulunur. Developman banyolarına katılan başlıca üç madde, hidrokinon, *p*-aminofenol ve *p*-fenilen diamindir. Söz konusu maddelerin indirgeme gücü, çözeltinin alkalilik oranına bağlı olarak artar. Bu nedenle banyoya, boraks, sodyum karbonat ya da kostik soda gibi, uygun alkaliler katılır. Developman tepkimesi sonucu açığa çıkarılan bromür iyonlarının, tepkimenin oranını azaltması yüzünden, taze ve kullanılmış developmanlar arasındaki farkı en aza indirmek için, çözeltiye potasyum bromür de eklenir.

Developman çözeltilerinde, ayrıca sodyum sülfit bulunur. Sodyum sülfit, developman maddesinin atmosferdeki oksijenle yükseltgenmesini engelleyerek, banyonun saklanma ömrünü uzatır. Sülfit, alkali çözeltilerde tepkimeye giren ve ayrışarak renkli tanecikler üreten yükseltgenmiş developman banyosuyla da kimyasal tepkimeye girerek, fotoğrafta lekelerin oluşmasını önler.

Siyah-beyaz fotoğraflarda, birbirine karışmış çok küçük lifler halinde beliren ve siyah olan gümüş, banyo işleminin temel ürünüdür. Yükseltgenmiş banyo, sonraki işlemlerle yıkanıp atılır. *Renk eşleştiricisi*yle developman işleminde üretilen *p*-fenilen diaminin tepkimeye girdiği renkli fotoğraflarda ise, gümüş, istenmeyen öğedir. Normal banyo işleminde (hem siyah-beyaz, hem renkli), ışık görmemiş alanlarda hiç bir kimyasal tepkime olmaz; en çok (ya da doğrudan) ışık görmüş alanlarda, en koyu karartılar ortaya çıkar. Dolayısıyle, elde edilen ilk görüntü, fotoğrafı çekilen nesnedeki ton değerlerinin tersine verildiği bir «negatif»tir.

Tespit: Developman işleminde ortadan kalkmayan gümüş tuzu, az da olsa renklidir ve ışığa duyarlı olduğu için, ışık görmesi sürerse, giderek koyulaşır. Bu yüzden ya tabakadan yıkanıp atılması *(tespit)* ya da renksiz ve pasif bir maddeye dönüştürülmesi *(kararlı*



Bir karanlık oda. (sağda) Resimde, sağdaki tezgâhta iki agrandisör (büyütücü) görülmektedir. Film önce, resimde en dipte görülen teknede develope edilir (yaklaşık 2,5 dakika); ardından suda yıkanır (yaklaşık 30 saniye). Ortadaki büyük teknede tespit banyosu vardır; en öndekinde ise su bulunur. Tespit işlemi 10 dakika sürer; sonra baskı, 15 dakika yıkanır. Tavanda görülenler, kırmızı ya da sarı filtreli lambalardır.

hale getirme) gerekir. Tespit maddeleri, gümüş bileşikleriyle karmaşık tuzlar oluşturan bileşiklerdir; gümüş tuzlarını çözüp, tuza dönüştürürler. Bu iş için, oldukça derişik *sodyum* ya da *amonyum tiyosülfat* çözeltileri kullanılır. Sodyum çözeltilerine genellikle, «*hipo*» *(sodyum hiposülfit*in kısaltması) adı verilir.

AgBr	+	$2S_2O_3^{--}$	⟶	$[Ag(S_2O_3)_2]^{---}$	+	Br^-
gümüş bromür		tiyosülfat iyonu		gümüş tiyosülfat karmaşık iyonu		bromür iyonu

Siyah-beyaz fotoğrafların tespit çözeltileri, developman tankından bulaşmış developman çözeltisinin indirgeme gücünü ortadan kaldırmak için, asitleştirilir. Bunun yapılmadığı koşullarda, developman çözeltisi, gümüş tuzunun bir bölümünü indirgeyerek, «*dikroik sis*»in oluşmasına yolaçar. Bu banyolar, ayrıca tiyosülfatın, sülfite ve kükürte ayrışmasını engellemek için, sülfit de içerirler.

Tespit işleminden sonra, film ya da kağıt, suyla iyice yıkanarak, istenmeyen renk ve lekeler bırakacak biçimde ayrışan ve uzun süre saklandığında, develope edilmiş gümüşe zarar veren artıklardan arındırılır.

Kararlı hale getirme, gerçekte tespit kadar doyurucu sonuç vermeyen bir işlemdir. Son baskının dayanıklılığı daha azdır ve çözülmeyen beyaz gümüş bileşikleri içerdiği için, yalnızca kağıt üstüne yapılan baskılarda kullanılabilir. Bu yöntem, çalışma kolaylığının ve sonucun elde edilme hızının, elde edilecek görüntünün nitelikli olmasından önemli olduğu durumlarda kullanılır. Kararlı hale getirici maddeler, genellikle, *tiyoüre* gibi organik *kükürt* bileşiklerinden oluşur. Developman işlemlerinden sonra, işleme girmeyen gümüş tuzu, kararlı hale getirici çözelti içine batırılarak, beyaz ve etkin olmayan bir bileşik haline getirilir. Kararlı hale getirilmiş baskılar, geri kalan çözeltiyi sileceği ve baskıyı daha az dayanıklı yapacağı için, suyla yıkanmaz. Bu baskılar, renk değişikliğine uğramadan, birkaç yıl dayanabilir ve bu arada kesinlikle kalıcı bir baskı istenirse, yeniden normal yollarla tespit edilip yıkanabilir.

Ağartıcılar: Ağartıcılar, develope edilmiş gümüşü ortadan kaldırmak için kullanılır. Çeşitli bileşimlerden yararlanılmakla birlikte, ağartıcılar üç temel sınıfa ayrılır. *Potasyum dikromat* ve *sülfürik asit* gibi yalın ağartıcılar, develope olmamış gümüş tuzunu etkilemeden, gümüşü nispeten daha kolay eriyebilen gümüş tuzuna (gümüş sülfat) dönüştürürler. Yeniden halojenleştirici ağartıcılar, *potasyum bromür*ün yanı sıra, develope olmuş gümüşü yeniden gümüş bromüre dönüştüren, *potasyum ferrisiyanür* gibi, daha hafif yükseltgeyiciler içerir. Bunlar, renk banyolarında da kullanılır ve eski haline getirilmiş olan gümüş bromürün, develope olmamış gümüş tuzlarını arıttığı tespit banyosunda temizlenirler.

Ağartıcı tespit çözeltileri, tiyosülfat gibi yükseltgeyiciler içerir. Bunlar, hem develope olmuş gümüşü, hem de develope olmamış gümüş tuzlarını aynı anda temizlediklerinden, bazı renkli fotoğraf banyolarını kısaltma amacıyla kullanılırlar.

Negatif ve pozitif baskı: Siyah-beyaz fotoğrafların çoğunda olduğu gibi, asıl fotoğraftan büyütülmüş bir baskı elde edileceği zaman ya da profesyonel sinemacılıkta raslanılan biçimde, birden çok kopya çıkarmak gerektiğinde, iki aşamalı bir fotoğrafçılık işleminden yararlanılır. Bu işlemlerin ikisi de, koyu ve açık bölgelerin yer değiştirdiği negatif banyoyu ya da doğrudan ve tonları aynı kalarak işlem gördüğü pozitif banyoyu içerebilir. Daha yalın olduğu için genellikle negatif banyo yöntemi kullanılır. Siyah-beyaz fotoğrafta, developman banyosunu, tespit, suyla yıkama ve kurutma izlerken, renklilerde renk developmanını (tespit ve yıkamadan önce), develope olmuş

Makaralı filmler ya tek tek ya da resimde (solda) görülen ızgaralar içinde banyo edilir. Izgaralar, tekneden tekneye karanlıkta aktarılır.

Film banyosundaki evreleri gösterebilmek için, tabaka film üstüne çıkarılmış negatif kopyanın, banyo teknesinde develope edilişi. Resimde, developman çözeltisine sokulduktan kısa bir süre sonra film görülmektedir. (sağda)

gümüşü temizlemek için, bir ağartma işlemi izler.

Pozitif banyo ise, kısa metrajlı filmler ve projeksiyonda gösterilecek renkli slaytlar gibi, asıl fotoğrafın son ürün olduğu sistemlerde kullanılır. Bu yöntemle yapılan işlerde, banyo işlemlerinin daha da karmaşıklaşmasının sakıncası, ikinci bir fotoğrafçılık işlemi zorunluluğunun kaldırılmasıyla karşılanır. Siyah-beyaz negatif banyoda, ışık görmüş olan çözelti, önce negatif bir görüntü verecek biçimde develope edilir; ardından, yalın bir ağartıcıyla ağartılır. Develope olmamış emülsiyon grenleri, ışık gösterme yoluyla ya da kimyasal işlemlerle bulutlandırılır ve ikinci bir işlemle develope edilir. Renkli pozitifte ise, ışık görmüş olan emülsiyon, önce renksiz negatif gümüşlü görüntü vermesi için siyah-beyaz developman banyosuna sokulur; sonra, kalan grenler bulutlandırılır ve pozitif renkli görüntü vermesi için, renk developmanıyla banyo edilir. Develope olmuş gümüş ve artık gümüş tuzları, ağartma ve tespit işlemleriyle temizlenip atılır.

Öteki yöntemler: Developman ile tespit malzemelerinin bir arada bulunduğu banyolara, «*tekli banyo*» denir. Bunlarda developmanın gereğinden fazla gümüş tuzu çözülmeden tamamlanabilmesi için, çok güçlü bir developman çözeltisine gereksinim vardır. Süreç bir tek işlemle tamamlandığı için, alınan sonuç, işlemin uygulanış zamanından etkilenmez. Tekli banyoların değişik düzenlemeleri, siyah-beyaz polaroid baskıların *görüntü aktarımı* işleminde, bazı baskı plakalarının hazırlanmasında ve FOTOKOPİ MAKİNALARI'ndaki banyolarda kullanılır. Işık görmüş olan film, tekli banyoyla yıkanırken, bir yandan da, gümüş tuzlarının çözeltideki developman maddesince develope edileceği bir *alıcı tabaka* arasına sıkıştırılır. Işık verilmiş olan fotoğraf filminde negatif, alıcı tabakadaysa pozitif bir görüntü oluşur.

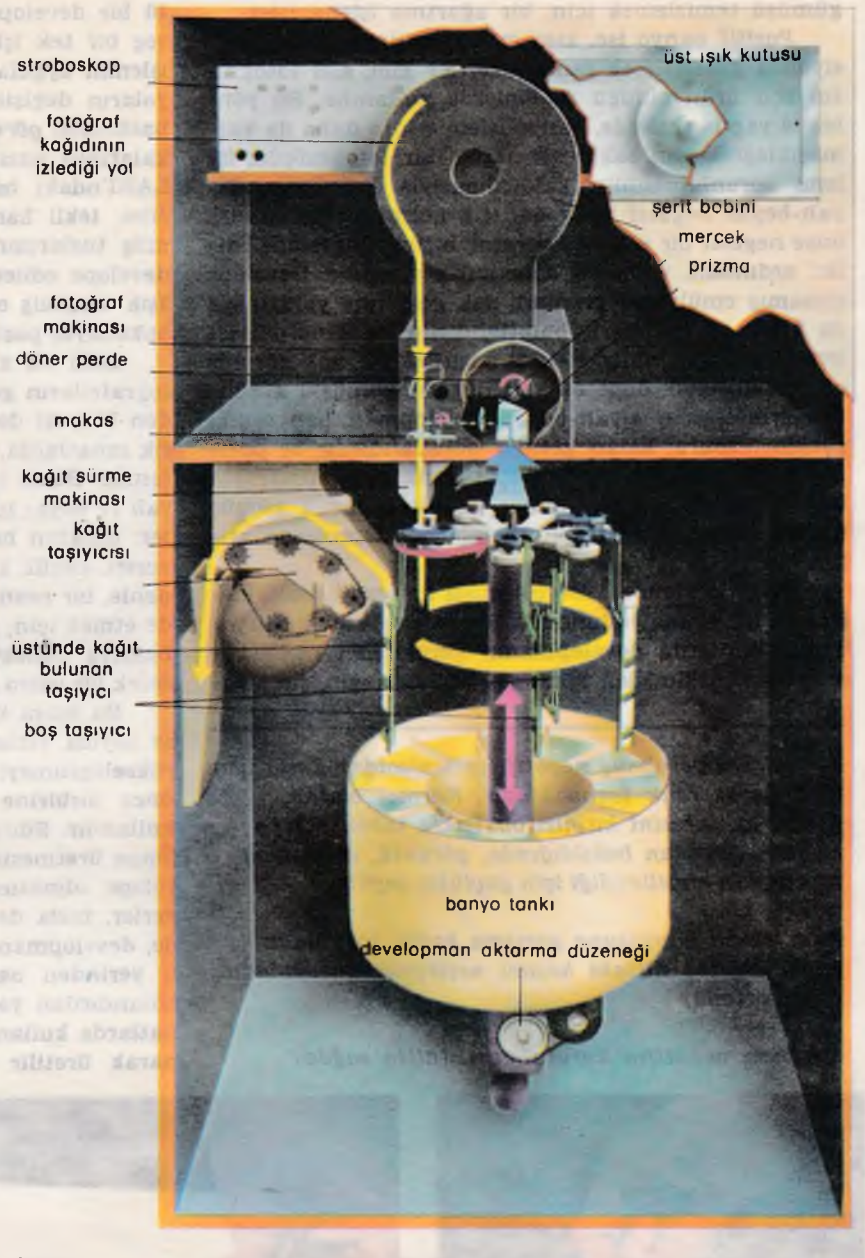
Belli bir alanda oldukça sık kullanılan, ama, fotoğrafçıların genellikle karşılaşmadığı banyo türlerinden biri, *lit* developman yöntemidir. Bu yöntem, grafik sanatlarda, özellikle de RÖPRODÜKSİYON'da kullanılır. Baskı işlemlerinde, normal olarak yalnızca siyah ve beyaz tonlar kullanılabilir; *ara tonlar*, yani griler, uzaktan bakıldığında görülmeyen ve gri bir renk veren, küçük küçük noktalar halinde sağlanır. Bu nedenle, bir nesnenin baskıda kullanılacak negatifini elde etmek için, gri tonları ya tam siyaha ya da tam bir baskıya dönüştürecek, yani çok yüksek kontrast verecek bir işlem gerekmektedir.

Bu işlem için kullanılan developman çözeltisinde, az sayıda serbest sülfit iyonu bulunur ve genellikle, yükseltgenmeyi önlemek için kullanılmadan hemen önce birbirine karıştırılan, iki ayrı çözelti halinde kullanılır. Sülfit eksikliği, develope olan ilk grenlerin *kinon* üretmesine, bu da, öteki grenlerin daha hızlı develope olmasına yolaçar. Böylece, çok ışık görmüş yerler, hızla develope olurken, az ışık görmüş yerlerde, developman yavaştır. Developman, resmin en ışıklı yerinden başlayarak, «*bulaşıcı developman*» diye adlandırılan yayılma biçimiyle gerçekleşir. Grafik sanatlarda kullanılan filmler, bu yöntem göz önüne alınarak üretilir. Bu yolla, çeşitli ilgi çekici görüntü

Tam develope olmuş negatif. (altta solda) Emülsiyon hâlâ beyaz renk taşımaktadır. Normal olarak, filmin bu evresini kırmızı bir ışıkta incelemek gerekir. Arkadan bakıldığında, görüntü, emülsiyon tarafından engellendiği için güçlükle seçilir.

Film, tespit banyosuna yarısına kadar sokulduğu için, yalnızca alttaki kesimi netleşmiş durumdadır. (altta ortada)

Yıkanan negatifin kurutulması. (altta sağda)



Bir iki dakikada renkli fotoğraf verebilen, otomatik bir fotoğraf çekme kabini. (üstte) Makina, görüntünün doğrudan kağıt üstüne verildiği, ters görüntü sistemiyle çalışır. Kağıdı «bulutlamak» için, ışık yerine kimyasal maddeler kullanılır; kabinin içi de, normal olarak karanlıktır.

Doğrudan düşen bir görüntü, yandan tersine çevrilmiş olarak çıkacağı için, görüntünün kağıda doğru olarak düşmesini sağlayan bir prizma kullanılır. (sağda) Fotoğraf çekildikten sonra, fotoğraf kağıdı bir taşıyıcıya takılır (gerçekte, kullanılan taşıyıcı sayısı yedidir; ama kolay anlaşılması için, üçü resimde gösterilmemiştir). Taşıyıcılar, kağıdı her çözelti bölümüne birkaç saniye için daldırırlar. Çözeltiler, developman banyosu (3 tank), ağartıcı (3), su, tespit banyosu (3) ve sudur (4). Makina, sürekli olarak çalışır ve aynı anda yedi kağıt birden işlem görebilir.

---

oyunları elde edilebilir.

Banyo yöntemleri: Banyo için gerekli olan evreleri gerçekleştirmek amacıyla uygulanacak işlemler, yapılacak işin miktarına göre değişir. Küçük ölçekli işlerde, filmler ve kağıtlar, değişik boyutlardaki teknelere, yeterli sürelerde sokulup çıkarılarak yıkanabilir. Makaralı filmler, genellikle sarılır ve içine banyo işlemleri için gerekli olan çözeltilerin döküldüğü, küçük, ışık geçirmez tanklarda banyo edilir.

Büyük çaplı banyo işlemleri, bütünüyle otomatikleştirilmiştir. Fotoğraf kağıdı, yüzlerce metre boyunda kağıt alabilen silindirlerde, dönerek banyo edilir ve ancak işlem tamamlandığında, kesilerek parçalara ayrılır. Makaralı filmler ise, birbirine eklenerek, uzun şeritler halinde banyo edilir. Bu uzun şeritler, makaralar üstünde taşınarak, kesintisiz bir biçimde, içinde gerekli çözeltilerin bulunduğu tanklara girip çıkarlar.

Banyo işleminin herhangi bir aşamasında gerekli olan zamanlama, şeridin hızı, o evreye ayrılmış tankların sayısı ve derinliği değiştirilerek sağlanır.

FOTOĞRAF MAKİNASI

Fotoğraf makinası ya da kamera (latince «oda» anlamına gelen *camera* sözcüğünden), bir kutudan çok, bir odayı andıran KARANLIK ODA'dan geliştirilmiştir.

İlk fotoğraf makinaları, önüne bir mercek yerleştirilmiş, ışık geçirmez kutulardı. Mercekten geçen ışık kırılarak, kutunun arkasındaki ışığa duyarlı tabakada, ters çevrilmiş bir görüntü oluştururdu. Bunlarda, OBTÜRATÖR bulunmazdı; filme yeterince ışık vermek için, merceğin üstündeki kapak çıkarılıp, bir süre açık tutulurdu. Bu süre, plakanın duyarlığının çok düşük olması yüzünden, birkaç saniyeyi, hattâ birkaç dakikayı bulurdu.

Işığa duyarlı tabakalarla çalışan makinalar, hâlâ yapılmaktadır; ama günümüzde daha çok, FİLM kullanılmaktadır.Tabaka, önüne yerleştirilen ve ileri geri kayabilen bir koruyucuyla ışık geçirmezliği sağlanmış olan, yassı bir kutunun içine konur. Tabakayı tutan bu kutunun ya da *şasi*nin tümü, kutuya yeni bir tabaka yerleştirmek gerektiğinde, karanlıkta dışarı çıkarılır. Görüntünün netleşmesini sağlayabilmek için, kutunun arkasına, buzlu camdan yapılmış bir ekran sürülür. Netleştirme, merceklerin ileri geri oynatılmasıyla sağlanır. Işığın geçmemesi için, deriden yapılmış körükler kullanılır.

Tabakaların daha duyarlı olması sağlanınca, poz süresini kısaltan yeniliklerin de ortaya çıkarılması zorunlu oldu. Diyafram açıklığı değiştirilebilir hale getirildi, yani merceklerin ışığı geçiren çapları, isteğe göre değiştirilebiliyordu. Bunun için, ya değişik büyüklüklerde delikleri olan çeşitli levhalardan ya da gözbebeği gibi büyüyüp küçülen diyaframdan yararlanılıyordu. Diyafram, metal yapraklarla istenilen büyüklükte yuvarlak bir aralık oluşturan bir sistemdi.

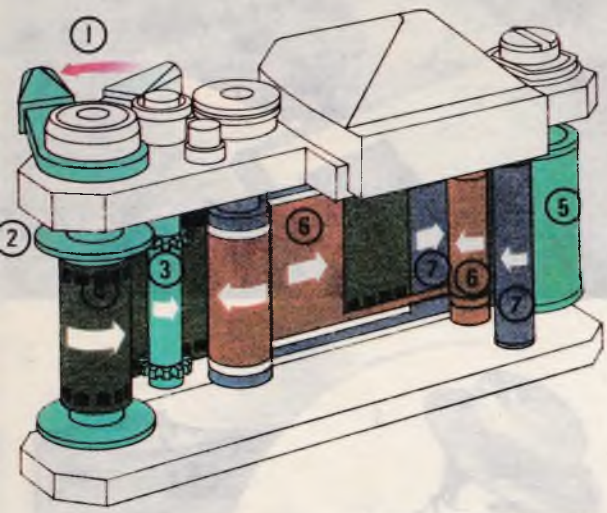
Poz sürelerinin bir iki saniyeye indirilmesi, bunu ayarlayacak obtüratörleri gerekli kıldı. Obtüratörler, diyaframlarda olduğu gibi, objektifi bütünüyle açıp kapamaya yarayan metal yapraklardan olu-

Resimde (sağda üstte), William Fox Talbot'un 1835 yılında yaptığı fotoğraf makinası. Talbot bununla, Lacock Abbey'deki evinin penceresini fotoğrafa almıştı.

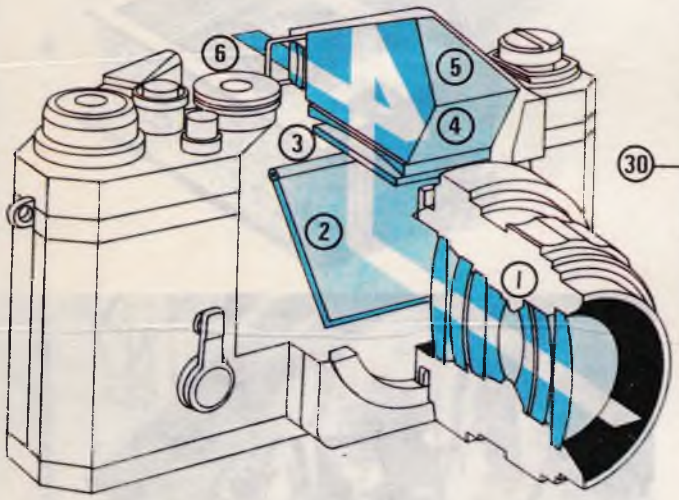
XIX. yüzyılda, fotoğraf makinaları oldukça yaygınlaşmış ve çeşitli biçimlerde yapılmaya başlanmıştı. Resimdeki (sağda ortada), kitap içinde gizli makina bunlardan biridir.

Fotoğrafçılığın gerçek anlamda yaygınlık kazanması, George Eastman'ın fotoğraf filmini geliştirmesiyle gerçekleşti. Resimde (sağda altta) Eastman, 1890 yılında kendi yaptığı filmle çalışan ve 25 dolara malolan Kodak No. 1 makinasıyla görülmektedir. Bu gelişme, fotoğrafçılığın en ünlü sloganını ortaya çıkardı: «Siz düğmeye basın, gerisini biz hallederiz».

FOTOĞRAF MAKİNASI

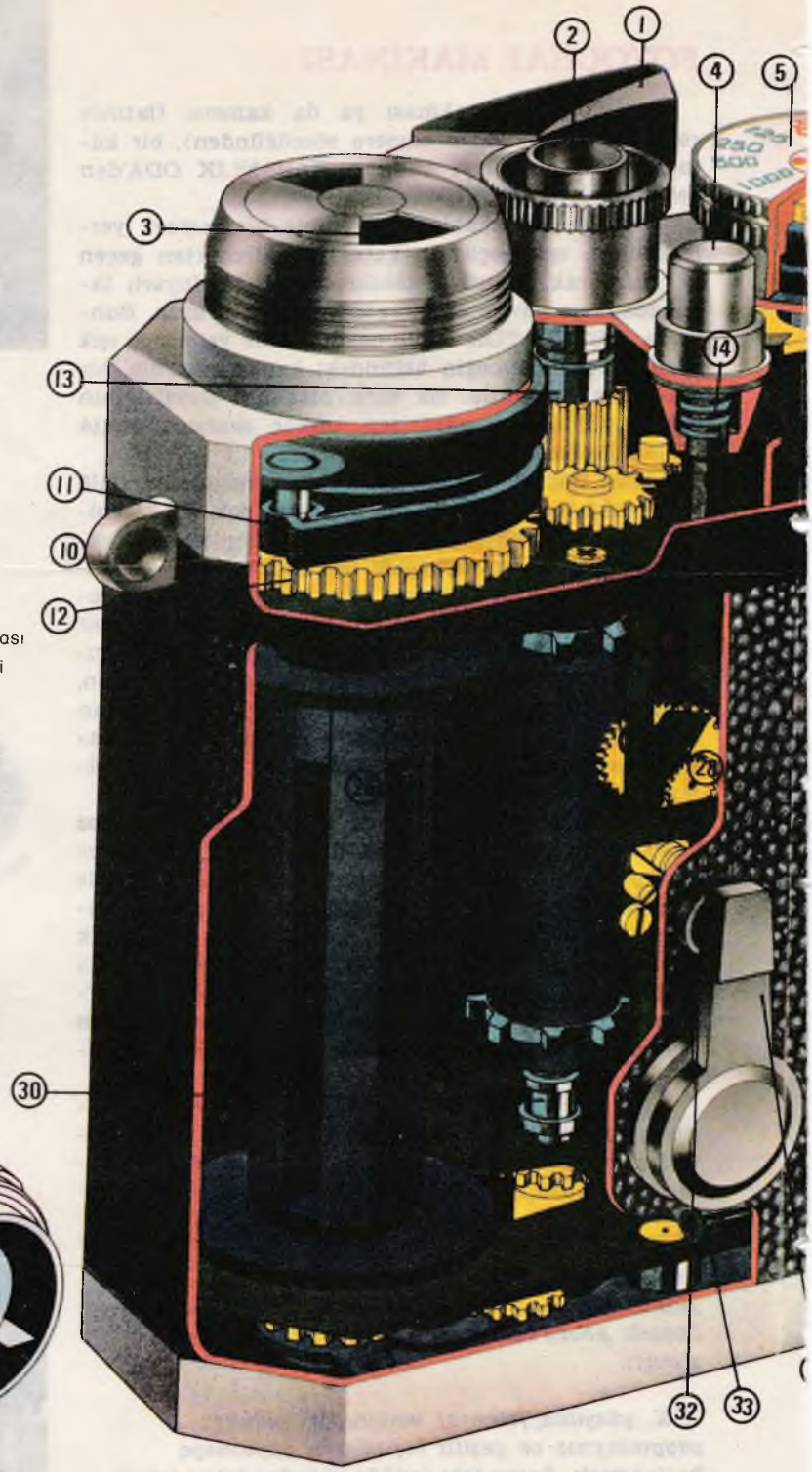


Bir film aktarma ve perde düzeni. Film koyu yeşil, aktarma sistemi açık yeşil, objektif perdeleri ise, koyu mavi ve kahverengi olarak gösterilmiştir.
1) film sarma ve objektif perdesi kurgu kolu; kol, hareketini tamamlamış konumda gösterilmiştir.
2) film çekme makarası
3) film aktarma dişlisi
4) 35 mm'lik film
5) film kaseti
6) birinci perde
7) ikinci perde

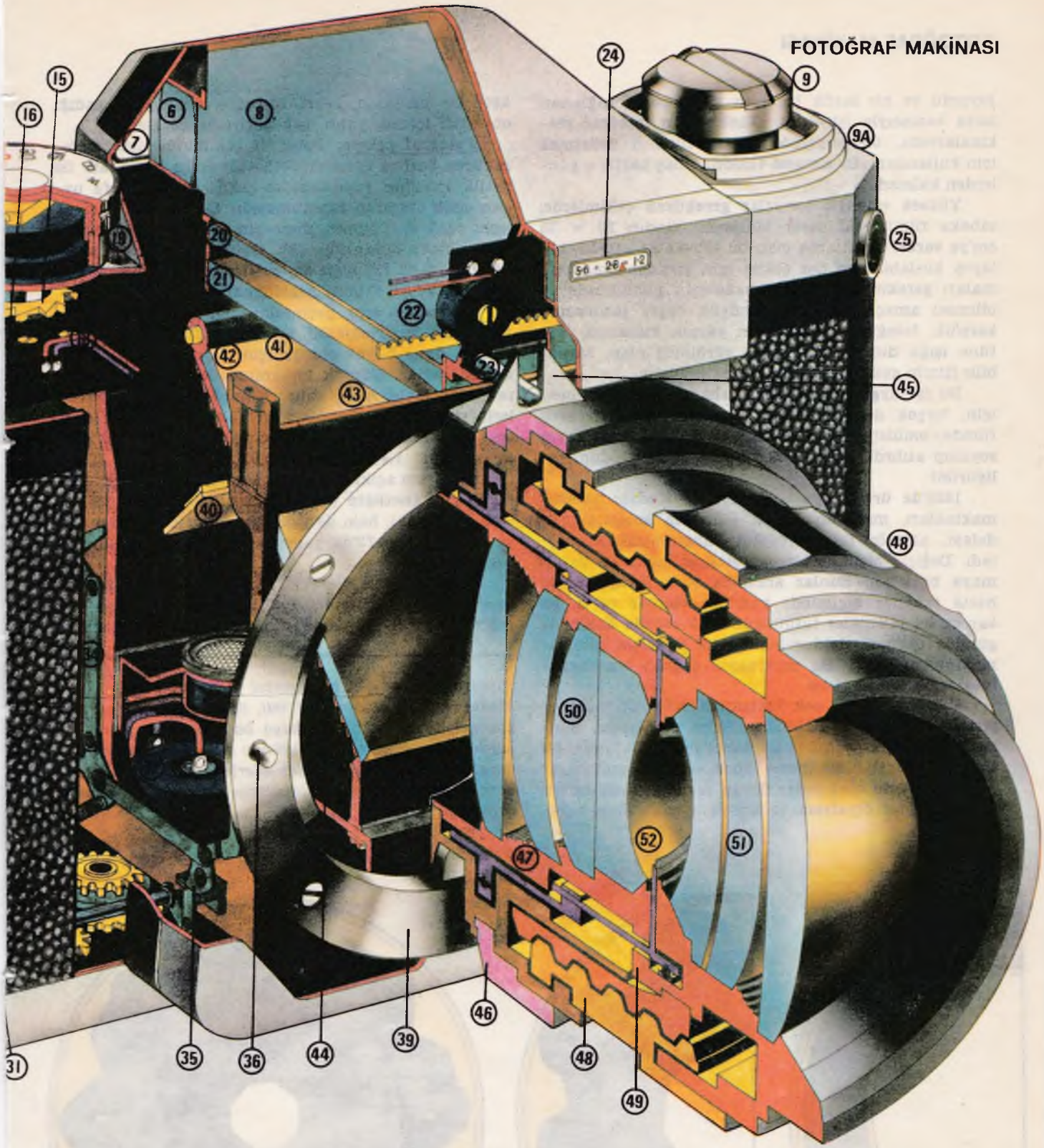


Yansıtmalı görüş yönteminin çalışması:
1) objektifin parçaları
2) yansıtıcı ayna
3) netleştirme ekranı
4) alan ya da fresnel mercekleri
5) beşli prizma
6) vizör

1) kurma kolu
2) deklanşör
3) poz sayıcı
4) alan derinliği denetleme düğmesi
5) objektif perdesi hız ayar düğmesi (enstantane)
6) vizör mercekleri
7) vizör



8) beşli prizma
9) geri sarma kolu
9A) aksesuvar kızağı
10) kayış halkası
11) ana yay
12) film aktarma dişli düzeni
13) perde boşaltma mandalı
14) geri çıkarma yayı
15) perde hız mandalı
16) pozometre
17) pozometre bağlantıları
18) pozometre bağlantıları
19) pozometre çatalı ve ibresi
20) alan merceği
21) netleştirme ekranı
22) diyafram değişken direnci
23) eşleştirme pimi
24) en büyük diyafram aralığı



konumu (burada f2)
25) eşzamanlama bağlantı girişi
26) film sarma makarası
27) film aktarma dişlisi
28) otomatik düzeneği
29) otomatik tetiği
30) deklanşör boşaltma kolu
31) otomatik kurma kolu
32) otomatik boşaltma düğmesi
33) diyafram küçültme bağlantısı
34) diyafram küçültme bağlantısı
35) diyafram küçültme kilidi
36) diyafram küçültme pimi
37) pil
38) kadmiyum disülfür fotoseli
39) objektif tespit bileziği
40) 45° eğimli fotosel aynası
41) ana yansıtma aynası
42) ana yansıtma ayna şaftı
43) ayna kutusu
44) ayna kutusunun tırtıklı içi
45) diyafram eşleştirmesi
46) diyafram halkası
47) objektif yuvası
48) odaklama halkası
49) ayarlanabilir ön grup göbeği
50) arka mercek grubu (4 mercek, 3 grup)
51) ön mercek grupları (3 mercek, 3 grup)
52) diyafram

şuyordu ve bir lastik balonun sıkılmasıyla sağlanan hava basıncıyla işliyordu. Günümüzün fotoğraf makinalarında, bir saniyeden uzun süreleri belirtmek için kullanılan «B» simgesi (balonun baş harfi) o günlerden kalmadır.

Yüksek nitelikli sonuçlar gerektiren çekimlerde, tabaka filmli makinalar kullanılmaktadır. 20 × 25 cm'ye varan boyutlarda olan bu tabakalar ağırdır, kolayca kırılabilir ve her çekim için yeniden doldurulmaları gerekir. Polietilen tabakaların günümüzde de bilimsel amaçlı çekimlerde büyük değer taşımasına karşılık, fotoğraf makinasının yaygın kullanımı, üstüne ışığa duyarlı emülsiyon sürülmüş olan, sarılabilir filmin geliştirilmesiyle gerçekleşmiştir.

Bu işe uygun saydam bir tabanın geliştirebilmesi için, birçok deney yapıldı. Bunların ilki olan şerit filmde, emülsiyon tabakası, developmandan sonra soyulup atılırdı. Ama, 1889 yılında, makaralı film geliştirildi.

1888'de üretilmeye başlanan ilk Kodak fotoğraf makinaları, makaralı filmin kullanım kolaylığından dolayı, amatör fotoğrafçılığın yaygınlaşmasını sağladı. Değişik biçimde birçok fotoğraf makinası yapılmaya başlandı. Bunlar arasında saat, kitap, paket, hattâ tabanca biçiminde yapılmış olanlar vardı. Ne var ki, bu yenilikler tutulmadı. 1895 yılında Eastman, gündüz ışığında doldurulabilen ilk Brownie fotoğraf makinasını yaptı. Bu makinayla çağdaş enstantane fotoğrafın temeli atıldı.

Günümüzde en çok kullanılan fotoğraf makinaları, «anında doldurulabilen» türden olanlardır. Bunlarda film, ışık geçirmez bir kaset içinde bulunur. Bu sistemin geliştirilmesinden önce, «kutu» makinalar yaygındı. Kutu makinalar, filmin sarıldığı makaraları, hareketsiz bir diyaframı ve bir yaya bağlı olan hareketli bir parçanın, belirli bir süre için açıp kapadığı objektifi içeren, yalın, ışık geçirmez kutulardı.

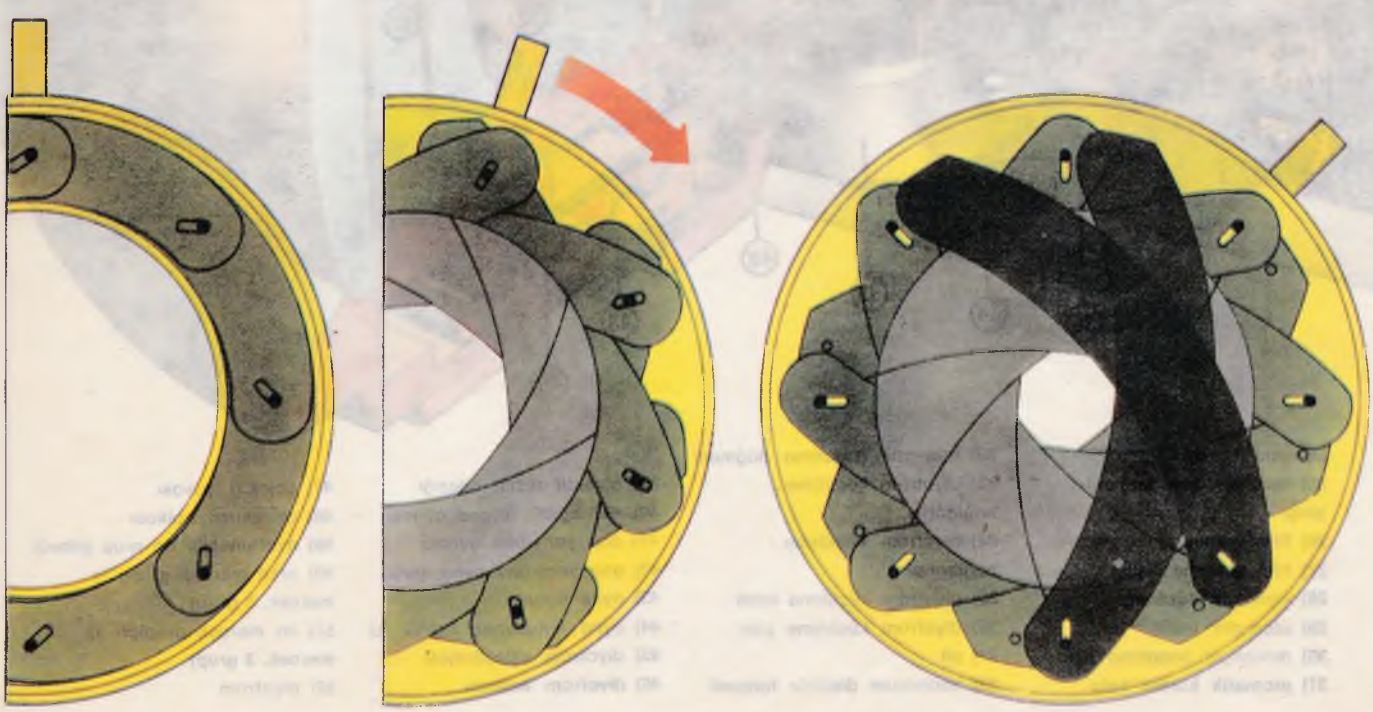
Fotoğraf çekme: Fotoğraf çekiminde ustalık gerektiren başlıca işlemler, obtüratör açılış hızı ayarı ile netlik ayarının yapılması ve çekilecek fotoğrafa uygun odak oranının saptanmasıdır. Odak oranı, merceklerin odak uzaklığının, merceğin ışık aralığına bölünmesi sonucu elde edilir (Bk. OPTİK). Diyafram açıklığı *f*16 ya da *f*22 olan objektifler, «yavaş objektifler» diye nitelenir: Filmin uzaklığına oranla dar bir aralığı bulunduğu için, geçmesine izin verdiği ışık miktarı azdır. Hızlı objektif (sözgelimi *f*2) ise, diyafram açıklığı daha büyük olduğu için, daha çok ışığın geçmesini sağlar. Günlük kullanımda objektifler, diyaframlar yoluyla yavaşlatılır; *f*-oranları, yani objektiflerin ışık toplama oranları, her birinde ikinin katları oranında artacak biçimde ayarlandığından, dizi şöyle sıralanır: 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32.

Diyafram açıklığı aynı zamanda, görüntünün alan derinliğini (netliğin tam olduğu alan) belirler; *f*22'de, hem yakındaki, hem de uzaktaki nesneler netlik alanı içine girer; oysa *f*2'de, yalnızca belirli bir uzaklık içindekiler net olur.

Obtüratör hızı, hareketi durdurma özelliği sağlar. Hızlı çekimler, sözgelimi 1/250 saniye, «donmuş» fotoğraflar çeker ve makinanın sarsılmasından doğabi-

---

Diyaframda bir dizi ince metal plaka bulunur. Plakaların bir ucunda bir mil, öteki ucunda ise, plakayı hareketli bir halkaya bağlayan bir pim vardır. Halka döndürüldüğünde plakalar, açıklığı daraltacak biçimde hareket ederler. Çizimlerde bu hareket görülmektedir. Plakaların sayısı 5-20 arasında değişir.



lecek olumsuz etkileri önler; ancak, filmin üstüne, öteki uzun süreli pozlarda olduğu kadar çok ışık düşmesine de izin vermez. Işığın az olduğu durumlarda, elle çekimde, makinayı sallamadan elde edilebilecek en uzun poz süresi, 1/25 saniyedir. Daha uzun süre verilmesi gereken pozlardaysa, makinanın üçlü sehpa üstüne yerleştirilmesi gerekir.

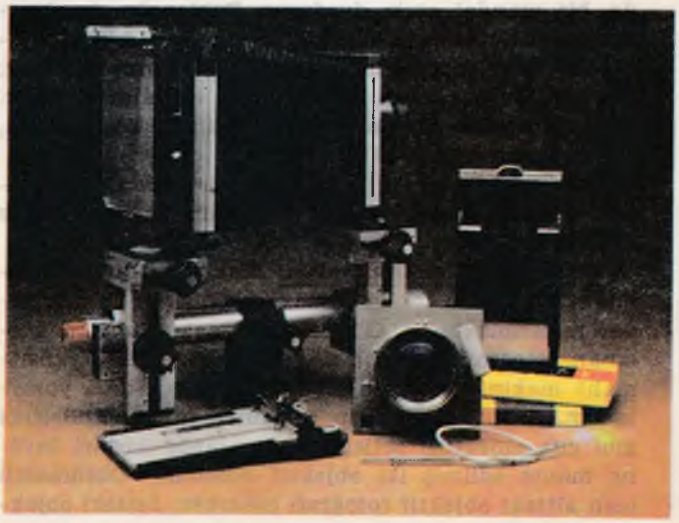
Obtüratör hızları da 2'nin katları oranında değişir: 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, 1/250, 1/500, 1/1 000 saniye. Bu sıralanış, diyafram açıklığının benzer evreleriyle bağıntıların kolayca kurulabilmesini sağlar: Belirli bir çekim için 1/125 sn ve *f*8 oranları geçerli ise, aynı çekim için 1/60 sn ve *f*11 oranları da geçerlidir.

Obtüratörler: İki tür obtüratör vardır: Objektif obtüratörü («Compur sistem» de denir); perdeli obtüratör (yalnızca «perdeli sistem» de denir). Objektif obtüratörü, ünlü Compur ve Prontor makinalarında olduğu gibi, merceklerin arasında açılıp kapanabilen madeni plakalardan oluşur. Plakaların, merceklerin arkasında, hattâ önünde kullanılması olanaklıdır; ama bu tür düzenlemelere pek sık rastlanmaz. Gelişmiş türlerle 1 sn ile 1/500 sn arasında hızlar elde edilebilir. Ancak, yalın makinalarda, bir ya da iki değişmez konum vardır: Güneşli havalar için 1/90 sn; kötü ışık koşulları ya da flaş kullanımı için 1/30 sn.

Perdeli obtüratördeyse perde, filme elden geldiğince yakın bir yere yerleştirilir. Poz, filmin üstünde hızla ilerleyen kızaklı bir perde ve hemen ardından onu izleyen ikinci bir perde yoluyla sağlanır. Işık, perdelerin arasında oluşan aralıktan süzülerek filme düşer. Filmi etkileyen ışık miktarı, aralığın genişliği ve perdelerin hızı düzenlenerek denetlenir. Perdeli sistemde 1 sn'den 1/1 000 sn'ye kadar hızlar bulunur. Bazı modellerde bu hız, 1/2 000 sn'ye kadar çıkar.

Objektif ve netleştirme: Yalın fotoğraf makinalarında netlik, 3 m dolayında bir uzaklığa ayarlanmıştır; diyafram açıklığı ise, sonsuzdan (fotoğrafçılıkta bu söz çok uzaklardaki nesneler için kullanılır), 1,5m'ye kadar olan alan içindeki bütün nesnelerin netlik alanı içine gireceği biçimde seçilmiştir. Yalın mercekler plastikten (metil metakrilat) yapılmıştır ve *f*14 gibi düşük odak oranları vardır. Ancak daha nitelikli makinaların objektifleri RENKSEMEZ MERCEK'lerden (akromatik mercekler) yapılır. Bunlar, *f*9 odak oranlı 2 parçalı, *f*2,8 oranlı 3 ya da 4 parçalı, *f*1,8 ve *f*2 oranlı 6 parçalı ya da daha düşük oranlı ve daha çok parçalı objektiflerdir.

Netleştirme, bütün objektifi filme yaklaştırma ya da uzaklaştırma yoluyla sağlanır. Normal olarak, sarmal bir vidaya tutturulmuş olan objektif çevrilerek, vida yatağı üstünde ilerletilir ya da geriletilir. Objektifi çevreleyen bir ölçeğin üstünde de, netliğin en keskin olduğu uzaklıklar işaretlenmiştir. Bazı fotoğraf makinalarına yerleştirilen TELEMETRE, vizörden bakıldığında iki ayrı imge olarak görülen nesnenin, tam netlik ayarı yapıldığı zaman birleşmesini (görüntünün çakışması) sağlayan, yaygın kullanımlı bir sistemdir. Telemetre, çekimi yapılacak nesnenin uzaklığını bir ölçek üstünde gösterebildiği gibi, netliği dü-



120'lik makaralı film kullanan Mamiyaflex çift objektifli refleks fotoğraf makinası. (üstte) Resimde, makinaya dokunmadan deklanşörü hareket ettiren kablo ve değiştirilebilir teleobjektif de görülmektedir. Tek raylı türden Sinar marka, stüdyo tipi tabakalı fotoğraf makinası. (altta) Hem objektif, hem tabaka, her türlü açı ve perspektif içinde duran nesnelerin resimlerini çekebilmesi için, tam ayar edilebilen türdendir. Yanında, soldan sağa dizilmiş olarak Polaroid film kaseti, elektrikli perdesi bulunan bir teleobjektif ve içinde filmiyle bir şasi görülmektedir.

zenleyen mekanizmaya doğrudan da bağlanabilir.

Film boyutları: Fotoğraf filmi, şerit halinde hazırlanır; ama fotoğrafçılar, genellikle makaralı film ya da 35 mm'lik filmler kullanırlar. Makaralı film, bir film şeridi ile filmden daha uzun bir kağıt şeridinin bir araya gelmesinden oluşur. Kağıdın filme bitişik yüzü siyaha boyanmıştır; öteki yüzündeyse numaralar bulunur. Filmin ve dışındaki kağıdın kenarları, fotoğraf makinasına gündüz ışığında takılabilecek biçimde kapatılmış ve bir makaraya sarılmıştır. Ama gene de, filmin çok parlak bir ışık altında takılmaması yeğ tutulur. Kağıdın arkasındaki numaralar, fotoğraf makinasının arkasındaki bir delikten izlenebildiği için, makinayı kullanan kişi, ne kadar film sarması gerektiğini ve kaç tane fotoğraf çektiğini buradan anlayabilir. En çok kullanılan film boyutu, 2 tane 6×6, 10 tane 6×7, 8 tane 6×9, 16 tane 6×4,5 cm veren 120'lik filmdir. Ayrıca 220'lik ince makara (120'lik filmin iki katı) ve her biri 4×4 cm boyutlarında 8 kare veren 127'lik filmler de kullanılmaktadır.

«35 mm'lik film» diye adlandırılan tip, sinema endüstrisi için geliştirilmiştir. Bu filmlerin arkasında kaplama kağıdı bulunmaz; her birine 20 ya da 36 çekimlik film sarılmış olan ve «*kaset*» diye adlandırılan küçük kutularda satılır. Bu filmin iki yanında, makinanın içindeki film taşıyıcı çarkın dişlerine geçen delikler bulunur. Film, bu deliklerle sarılır. Destek kağıdı kullanılmaz. Normal negatif boyutları 24×36 mm'dir. 35 mm'lik filmin başka bir türüyse, film doldurma işleminde hiç bir sorun çıkarmayan, bütünüyle kapalı ve doğrudan makinanın içine yerleştirilebilen kasetlerde bulunur. En çok raslanan 126'lık kaset, 28×28 mm'lik kareler verir; her karede bir tek dişli deliği bulunmaktadır. Daha yeni bir kaset tipindeyse, 12×17 mm boyutlarında kareler veren, 110'luk film kullanılmaktadır.

35 mm'lik fotoğraf makinası: 35 mm'lik makinalarda kullanılan filmlerin üstünde bulunan delikler, filmin yeterli aralarla ilerleyerek sarılmasını çok kolaylaştırmıştır. Filmi çeviren dişli çark, filmle birlikte kendi çevresinde döner; yeterli ölçüde döndüğünde, bir mandal, çarkı durdurur. Deklanşöre basılmadıkça, çark yeniden hareket etmez. Basıldıktan sonra da, film sarılmadıkça, deklanşör görev yapmaz. Böylece, aynı kareye iki ayrı poz verilmesi önlenir. Film bütünüyle kullanıldığında, mandal boşaltılarak, filmin geri sarılması sağlanır.

Bir baskı plakası, fotoğrafın görüntü alanını belirleyen dikdörtgen çerçeveye bastırarak, filmin düz durmasını sağlar.

Makaralı film kameraları: Makaralı film kullanılan eski körüklü fotoğraf makinalarına, artık çok ender raslanmaktadır. Günümüzde makaralı film kullanan fotoğraf makinaları, genellikle refleks (yansıtmalı) makinalardır. Bu makinalarda, yansıma yoluyla bir görüntü elde eden sistemler vardır. Rolleiflex gibi çift objektifli refleks makinalarda, birbiri üstüne monte edilmiş iki objektif bulunur. Obtüratörü olan alttaki objektif fotoğrafı çekerken, üstteki objek-

35 mm'lik, pozometreli Pentax refleks fotoğraf makinası. (üstte) Yanında objektifleri ve kaset film görülmektedir.

Tek objektifli Hasselblad refleks makina. (üstte) Yanında 40 mm'lik geniş açılı objektif ve 150 mm'lik teleobjektif görülmektedir. Makinaya takılı olan objektif 80 mm'liktir.

Yaygın kullanımlı, anında doldurulabilen iki fotoğraf makinası. (altta) Solda 16 mm'lik film takılan Instamatic, sağda ise kapalı film kaseti ve flaşıyla 35 mm'lik Instamatic görülmektedir.

tif, görüntünün yatay olmasını sağlayan bir ayna yoluyla, yukardaki buzlu camda, görüş düzenlemek ya da netleştirmek için bakılacak bir görüntü oluşturur. Birbirlerine bağlantılı olan objektifler, birlikte hareket eder. Böylece, üstteki ekranda tam bir netliğe ulaşan görüntü, alttaki filme de aynı netlikte ulaşır: Netlik, bütün objektif sisteminin ileri geri oynatılmasıyla elde edilir. Aşağı yukarı bütün çift objektifli refleks makinalarda, 120'lik film kullanılır.

Çift objektifli refleks makinalar, birçok amaç için iyi sonuçlar vermesine karşın, her merceğin, az da olsa, ayrı bir görüş açısıyla çalışması nedeniyle (ıraklık açısı kusuru) yakın çekimlerde elverişli değildir. Mamiyaflex'lerde olduğu gibi, her merceğin içine ayrı bir objektif perdesi konulmadıkça, objektifleri değiştirme olanağı da yoktur. Modern objektif ve filmler kullanıldığında refleks makinalar, daha önceleri ancak 10x15 cm'lik filmlerle elde edilebilen, nitelikli sonuçlar vermektedir.

Tek objektifli refleks makinalar: Tek objektifli refleks fotoğraf makinaları, fotoğrafçılara büyük kolaylıklar sağlamıştır. Vizörden bakıldığında görülen görüntü, objektifin gördüğünün aynıdır; perdeli obtüratör kullanılabilir, dolayısıyle değişik objektifler takılabilir.

Objektif ile arkadaki perde arasına hareketli bir ayna yerleştirilir. Bu ayna, gelen ışığı yukardaki buzlu camdan yapılmış ekrana yansıtır. Aradaki uzaklıklar, ışığın, ayna aradan çekildiğinde de filme erişene kadar kesinlikle aynı uzaklıktan geçeceği biçimde ayarlanmıştır. Böylece ekrandaki görüntü, tam olarak netleştirilebilir. Ekranın üstündeki bir *beşgen prizma* ise, görüntüyü yönlendirecek gözün, vizörde, ışığı yansıtan nesneyi olduğu gibi görmesini sağlar.

Ekrana, netleştirmede ek kolaylıklar sağlayacak *mikroprizmalar* yerleştirilir. Bunlar, net olmayan bir görüntüyü, küçük küçük noktalar halinde ayıran küçük parçalardır.

Bu makinaların perdesine kumanda eden kola eklenen başka bir düzenekle, objektifin diyafram ayarı, önceden belirlenmiş bir konumda tutulabilir. Böylece, çekimi yapılacak fotoğrafı, en büyük diyafram açıklığında düzenlemek ve netleştirmek olanağı sağlanmıştır. Bu arada, deklanşöre basıldığında diyafram, gerçek konumuna uygun olarak küçültülür.

Deklanşöre basıldığında, yansıtıcı ayna hızla yukarı kalkar ve perde çalışır.

Objektifler, standart vidalı, yataklı ya da sürgü yataklı olduklarından, istenildiğinde hızla değiştirilebilirler. GENİŞ AÇILI MERCEK'ten TELEOBJEKTİF'e kadar, her makinaya uygulanabilen çok sayıda objektif türü bulunmaktadır.

Yaygın kullanımlı fotoğraf makinaları: Anında doldurulabilen, 126'lık film kullanan, çok sayıda ve değişik modelde fotoğraf makinası yapılmaktadır. Ancak en çok satılan tip, eski kutu makinaların yerini alan, ucuz ve yalın makinalardır. 126'lık film kullanan, tek objektifli pahalı refleks makinalar da vardır; ama bunlarda, filmi düz tutan çerçeve düzeninin bulunmaması yüzünden, fotoğrafların niteliği düşük olmaktadır. Aynı biçimde, 110'luk makinaların da yalın olanlarından, otomatik pozometrelilerine kadar, çeşitli tipleri bulunmaktadır. 16 mm'lik film kullanan cep makinalarının filmleri, genellikle kapalı kasetler içinde satılır. Anında doldurulabilen makinalar, birkaç saniye içinde fotoğrafı son haliyle veren, POLAROİD FOTOĞRAF MAKİNASI'yla karıştırılmamalıdır.

Poz süresinin denetimi: Fotoğraf makinalarının çoğunda, belirli ışık koşullarında en uygun poz verme süresini saptayan, POZOMETRE'ler vardır. Yalın pozometrelerde, objektifin yönelik olduğu kaynaktan gelen ışıkları algılayan ve poz verme süresini bir cetvel üstünde gösteren FOTOSEL'ler bulunur. Fotoğrafçı, makinasını, cetveldeki bu değerlere göre ayarlar. «*Yarı otomatik*» diye nitelenen bazı makinalardaysa, pozometre ile objektif arasında doğrudan bir bağıntı bulunduğundan, fotoğrafçı doğru pozu verebilmek için, yalnızca iki ibrenin uçlarının üst üste gelmesini sağlar. Tam otomatik makinalarda, ya perde hızı ya da diyafram açıklığı değişkendir. Bu yüzden, bu değerlerden birinin fotoğrafçı tarafından saptanıp, makinanın ona göre ayarlanması gerekir.

Fotoğraf makinalarında bulunan fotoseller, objektifin kenarlarına ya da makinanın tepesine yerleştirilir. «Objektif içi» ya da «TTL» diye adlandırılan türlerdeyse, objektifin içindeki beşgen prizmanın yanına yerleştirilen fotosellere ışık, objektiften geçerek ulaşır. Başka bir ışık ölçme yönteminde de, aynanın arkasına yerleştirilen fotosellere ışık, aynanın içinden geçerek gider.

FOTOĞRAF MALZEMESİ ÜRETİMİ
Bk. FİLM

FOTOKOPİ MAKİNASI

Günümüzde çeşitli tiplerde fotokopi makinaları bulunmakta ve bunların kullanımı gittikçe artmaktadır. Fotokopi makinalarının en yaygınları, doğrudan elektrostatik ilkesine göre çalışır. Bu türün en yaygın örneği KSEROGRAFİ'dir. Dolaylı elektrostatik fotokopi makinası da kserografiye çok benzer; ama bunda, ışığa duyarlı bir yüzey kullanmak yerine, kağıdın kendisi, statik elektrikle yüklendiğinde ışığa duyarlı hale gelen bir çinko oksit karışımıyla kaplanır.

Kserografi, oldukça yeni bir buluştur. Günümüzün fotokopi makinalarının çoğunda hâlâ, *yayınmalı aktarım*, *jelatinli aktarım* ya da *termografi* gibi, fotoğrafçılık işlemlerinden yararlanılır.

Yayınmalı aktarım: Yayınmalı aktarım işleminde, önce bir negatif çekilir. Ardından, birleştirilmiş bir developman ve tespit çözeltisi kullanılarak, ayrı bir kağıt üstüne, kimyasal yolla pozitif çıkarılır. Bu nedenle, sisteme «*kimyasal aktarım*» da denir ve ilke bakımından POLAROİD FOTOĞRAF MAKİNASI'nda kullanılan yönteme benzer.

Kopyası alınacak olan yazı tek sayfadaysa ve ka-

ğıdın yalnızca bir yüzünde yazı varsa, negatif malzemeyi bu kağıdın altına koyup, üstten ışık tutma yöntemiyle, kopya alınabilir. Ama, çoğunlukla iki yüzü de basılı kağıtlar söz konusu olduğundan, yansıtmalı kopya yöntemi daha çok kullanılır.

Yansıtmalı kopya yönteminde, negatif malzeme, yazının üstüne kapatılarak, üstten güçlü bir ışık tutulur. Yazının açık renkli bölümleri ışığı yansıtarak negatif malzemenin üstüne düşürürken, koyu bölgeler ışığı soğurur. Böylece, negatifin üstünde, belli belirsiz bir görüntü elde edilir.

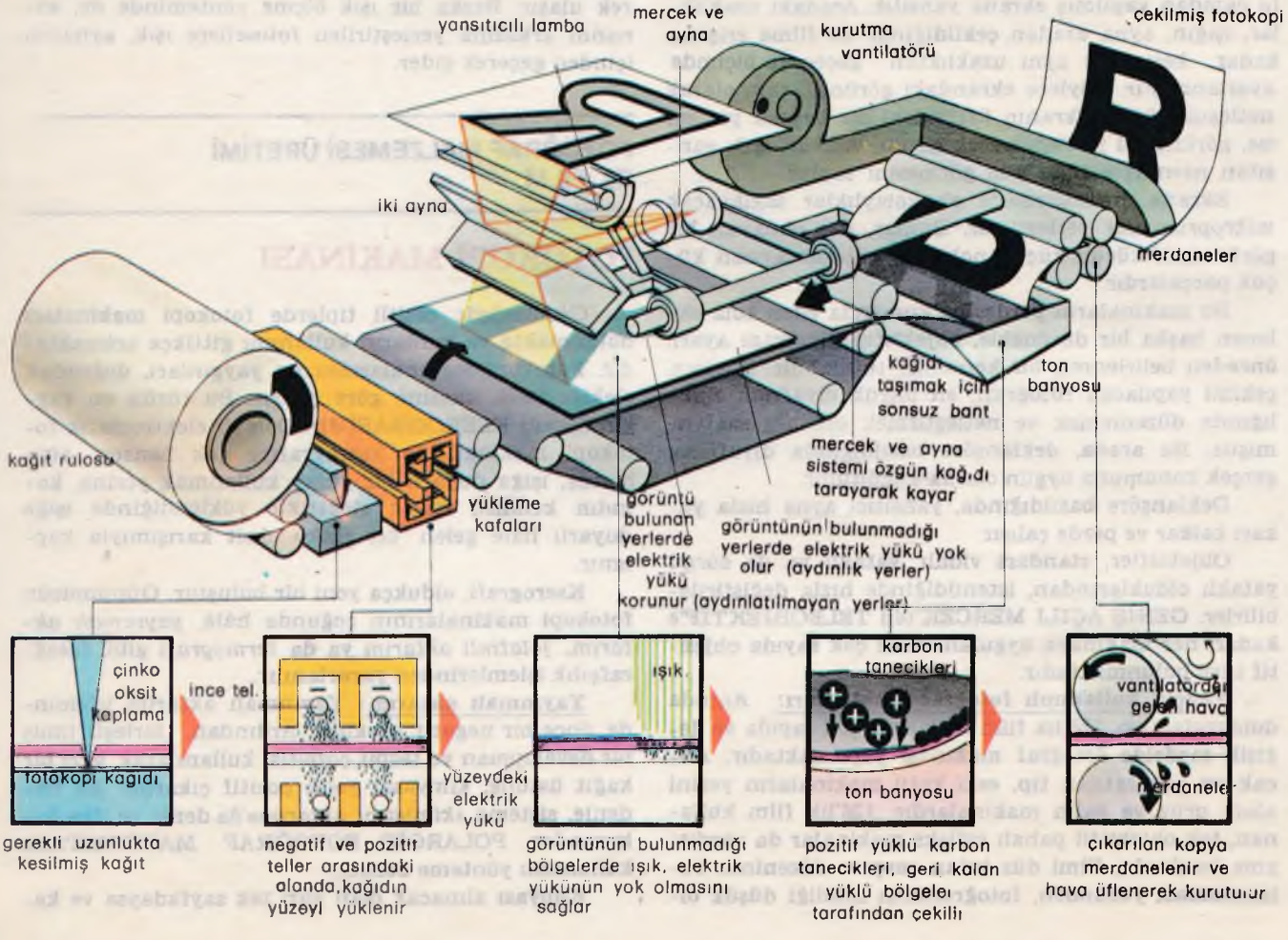
Okunabilir kopyayı çıkarmak için, negatif malzemenin görüntü bulunan yüzü, pozitif bir kağıda dönük olarak, bir makinaya sokulur. Makinada develop man sıvısı bulunmaktadır. Kağıtlar sıvıyla kaplandıktan sonra, bir silindirden geçirilerek, birbirlerine bastırılır.

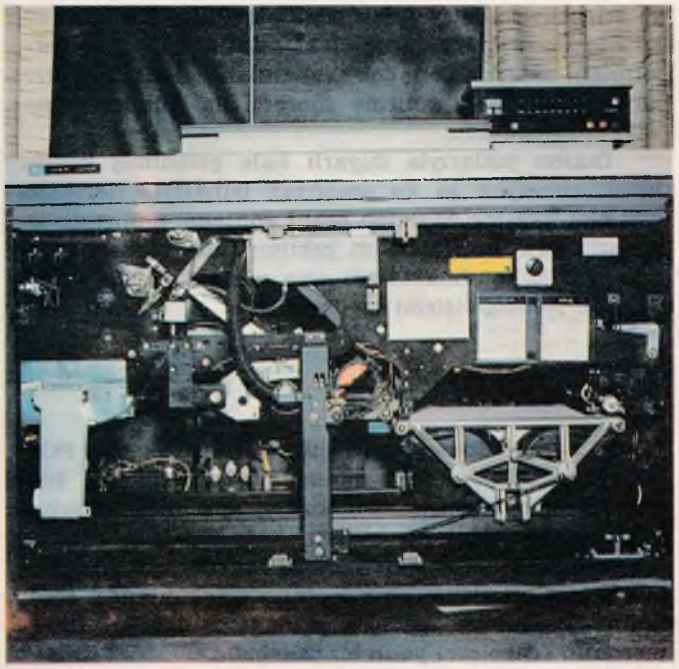
Bu işlem sırasında, negatifte bulunan gümüş tuzları, pozitif kağıdı çözerek içinde yayınır ve böylece görüntüyü ortaya çıkarırlar. Negatifler daha sonra atılır.

Jelatinli aktarım: Bu, yayınmalı aktarıma benzer bir işlemdir. Işığa duyarlı hale getirilmemiş bir kağıt ile develop man ve boya maddeleri içeren bir emülsiyonla kaplı bir *kalıp* kullanılır. Kopyası alınacak kağıt kalıp üstüne yerleştirilip tungsten ışığına tutulur. Burada da yansıma ilkesinden yararlanılır: Işık, kalıptan geçerek kağıda çarpar ve gene kalıba yansır. Yansıyan ışık, emülsiyonu sertleştirir. Yazının koyu renkli bölgelerinden ışık yansımaz. Böylece, kopyanın çıkacağı bölgelerde emülsiyon sertleşmeyerek, görüntüyü oluşturur. Kalıp daha sonra, alkali etkinleştirici bir çözeltiden geçirilerek, görüntünün çıkacağı bölgelerin iyice yumuşaması ve bu bölgelerdeki boya maddesinin etkin hale gelmesi sağlanır. Sonra, kopyanın çıkarılacağı kağıt ile kalıp, silindirlerin arasından geçirilir. Boya maddeleri böylece, kopyanın çıkarılacağı kağıda geçer. 15 kopya çıkarabilecek kalıplar da var-

---

Doğrudan elektrostatik fotokopi makinasının yalınlaştırılmış çizimi. Bir rulodan gelen çinko oksit kaplı kağıt, gereken uzunlukta kesilerek, negatif yükle yüklenir. Sonra, yüzü aşağı doğru duran kopyası çekilecek kağıdın üstünden, ışığa tutulur. Bu yöntemde, hareketli bir mercek ve ayna sistemi kullanılır. Görüntü bulunmayan bölgeler (beyaz yerler) elektrik yükünü yitirirken, görüntü bulunan yerler (siyah ya da renkli bölgeler) yükü korur. Kağıt, daha sonra, sıvı bir ton banyosundan geçirilir. Bu banyonun içinde bulunan karbon tanecikleri, elektrik yüklü görüntü bölgeleri tarafından çekilir ve bu bölgeleri siyaha dönüştürürler. Kağıt, merdaneyle ezilir ve havayla kurutulur.





dır; ama normal olarak bir kalıptan 6-7 kopya elde edilir.

Hem yayınmalı aktarımda, hem de jelatinli aktarımda kağıtlar, developman ve kopya çekme işlemlerinin yürütüldüğü bölümlere ayrı ayrı girer.

Termografi: Bu fotokopi yönteminde, kopyası çekilecek kağıdın ısı soğurma özelliğinden yararlanılır. Bu nedenle, görüntü ne kadar koyu olursa, o kadar iyi bir kopya elde edilir. Fotokopi kağıdının demirli bileşiklerle ve asitle kaplanması gerekmektedir. Bu kağıt, kopyası çekilecek kağıtla yüz yüze getirilip, fotokopi makinasına verilir. Fotokopi kağıdından kızılaltı ışık geçirilerek, öteki kağıdın üstüne düşürülür. Görüntünün bulunduğu yerlerde, kızılaltı ışık soğurulur. Beyaz bölgeler ise, ışığı yansıtarak dağıtır. Koyu bölgelerin sıcaklığı, soğurdukları ışık nedeniyle artar ve fotokopi kağıdının üstündeki kaplamayı etkileyip, rengini siyahlaştırır. Buna *«dolaysız yöntem»* de denir. Bir aktarım kağıdı kullanılarak, alınacak sonucun niteliği artırılabilir. Fotokopi kağıdı, özgün kağıt ile aktarım kağıdının arasına yerleştirilir. Özgün kağıtta ısınan bölgeler, aktarım kaplamasını etkiler ve bu etki, kopya kağıdına aktarılır.

İkili tayf makinaları: Isıyla fotokopi çekiminde, birçok yazılı malzemenin (mavi tükenmez kalemle yazılmış yazılar gibi) kopyası alınamaz. *İkili tayf*, bu sakıncayı ortadan kaldırmak için, 3M şirketi tarafından geliştirilmiştir ve morötesi ışıktan yararlanır. Bu yöntemde de, kullanılan kağıt kaplaması, ışıkta çözülen bir kaplamadır. Morötesi ışık, üstü kaplamalı kağıdı geçerek, kopyası alınacak kağıdın üstüne düşer. Bu kağıtta yazı bulunmayan yerler, ışığı yansıtarak kaplamayı çözer. Daha sonra, kaplamalı kağıt, bir kopya kağıdıyla birlikte, bir developman bölümüne girer. Developman bölümünde, 100°C sıcaklığında kızılaltı ışık kullanılır. Kaplamanın çözülmemiş yerleri, kopya kağıdıyla tepkimeye girerek, görüntüyü çıkarır. Siyah renkteki bu görüntü, kopyası çekilen kağıttaki siyah yazılarla birlikte, mavi ve kırmızı yazıların bazılarını da içerir. Görüntü, developmandan sonra, ısıya karşı duyarlığını yitirir.

Kararlı hale getirme: FOTOĞRAF BANYO İŞ-

Ozalit makinası. (solda üstte)

Elektrostatik fotokopi makinasının içi. (solda ortada) Bu makina, doğrudan elektrostatik ilkesine göre çalışan, bir düz kağıt fotokopi makinasıdır. Özgün görüntü, bir ksenon ışığı ve bir mercek sistemiyle elektrostatik bir banda aktarılır. Bant üstündeki belli belirsiz görüntü, görüntü çıkarmaya yarayan bir tozu kendine çeker ve bu görüntü kopyası, daha sonra kopya kağıdına aktarılarak, ısı ve basınç uygulanması yöntemiyle tespit edilir.

Bu makina (solda altta), statik elektrik ilkesine göre çalışır. Ama görüntünün kopyası ısı uygulanmadan, yalnızca basınç uygulanarak tespit edilir. Böylece, makinanın ısınması söz konusu olmaz.

LEMLERİ gibi, görüntüyü kararlı hale getirme yöntemi de, iki biçimde gerçekleştirilebilir: Doğrudan pozitif elde etme yöntemi; yansıtmalı yöntem. Yansıtmalı yöntemde, bir negatif, bir pozitif ve bir ışığa duyarlı kağıt ile iki çözeltiden yararlanılır. Kopyası çekilecek kağıt, kopya kağıdıyla birlikte güçlü bir ışığa tutulur. Sonra kopya kağıdı, ötekinin negatifini oluşturması için, developman ve tespit banyolarından geçirilir. Bu negatiften, daha sonra, pozitif bir kağıtla ışığa tutularak, pozitif görüntü elde edilir. Ama birçok durumda, negatif de doğrudan kullanılabilir.

Doğrudan pozitif elde etme yönteminde, negatif kağıda gerek yoktur. Bu yöntemde, değişik bir kopya kağıdı kullanılır. Kopyası çekilecek kağıdın, beyaz yerleri, ışığı yansıtarak, kopya kağıdına düşürür ve bu bölgelerin beyaz çıkmasını sağlar. Böylece, kağıtta siyah olan bölgeler, kopya kağıdında da siyah olarak çıkar ve görüntü elde edilir. Bu yöntem, iki yüzünde de yazı bulunan kağıtlar için elverişli değildir.

Görüntüyü kararlı hale getirme malzemeleri, çeşitli renklere karşı duyarlıdır. Bunların bir üstünlüğü de, son kopya elde edilmeden önce, ara evredeki negatiflerde değişiklik yapılabilmesidir. Kararlı hale getirme yöntemi, fotoğraf banyo yöntemine benzemesine ve benzer malzemelerden yararlanmasına karşın, daha kolay ve hızlıdır. Görüntü, tespit işlemi yerine, kararlı hale getirme işleminden geçirilir ve böylece, ışığa karşı duyarlı olmaktan çıkar. Ama tespit edilmiş görüntü kadar dayanıklı değildir. Ne var ki, kararlı hale getirilmiş görüntülerin, daha sonra tespit edilmesi de olanaklıdır. Bu yöntemle elde edilen kopyalar, yüksek nitelikli ve uzun ömürlüdür.

Bürolarda kullanılan fotokopi yöntemlerinin tümü, şu ya da bu biçimde yetersizdir. Ya nitelikte, ya kopyası alınabilen renklerde ya da ofset LİTOGRAFİ için plaka hazırlama amacıyla kullanılabilecek kopyaların sayısında, yetersizlikler olur. Litografi plakalarının hazırlanmasında, elektrostatik kopya ve yayınmalı aktarım, en çok kullanılan yöntemlerdir; ama kararlı hale getirme yöntemi de, günden güne yaygınlaşmaktadır.

Diazon tuzlarıyla duyarlı hale getirilmiş kağıtların, amonyak ya da amonyak buharıyla develope edilmesi ilkesine dayanan ozalit yöntemi, mühendislik çizimlerinin kopyalarının çekilmesinde ve bazı büro işlerinde kullanılmaktadır; ama normal olarak bu işlem, bir fotokopi işlemi sayılmaz.

Üstü kaplamalı kağıt kullanan, ikili tayf kuru fotokopi makinası. Bu makinada kopyanın çekilmesi için, morötesi ışıktan, görüntünün tespit edilmesi için de, kızılaltı ışıktan yararlanılır.

FOTOMETRİ

Fotoğraf çekerken ışık şiddetini ölçmek için POZOMETRE kullananlar, fotometri *(ışık ölçümü)* konusuyla karşılaşmıştır. Fotometri, ışık niceliklerinin ölçülmesidir. Odaların yeterince aydınlatılıp aydınlatılmadığını incelemekten, deniz fenerlerinin görünebilirliğinin incelenmesine kadar, birçok alanda kullanılır. Pozometre de, ışık ölçmede kullanılan fotometrenin (ışıkölçer) yalın bir örneğidir.

Dört tür ışıksal büyüklük vardır: «Mum» adı da verilen *ışık şiddeti* (verilmiş bir doğrultuda); *ışık akısı* (kaynağın toplam ışık çıkışı); *ışıklılık* (parlak bir yüzeyin parlaklığı); *aydınlık* (bir alan üstüne düşen aydınlık miktarı).

Birim ve standartlar: Bu dört büyüklüğün her birinin, belli bir birimi vardır. Bazılarıysa, kullanılan birim sistemine bağlı olarak, değişik adlar alır. Standart güç birimi wattın, ışık ölçümünde yeterli olacağı düşünülebilir. Oysa sorun biraz değişiktir. Sözgelimi 100 wattlık bir elektrik ampulü, gerçekte 95 wattlık bir ışıma yapabilir; ama bunun büyük bölümü, tayfın kızılaltı bölgesinde kaldığından, görünmez. Işınımının çoğu tayfın gözle görünen bölgesinde kalan 40 wattlık bir flüoresan lamba, 95 wattlık bir ampulden daha parlak ışık verir. Bu nedenle ışığa ilişkin birimler, parlaklığı ve renk dağılımı standart alınan bir kaynağa dayandırılarak tanımlanır. İlk ışık şiddeti standartı, belirli ölçülere uyularak yapılan *standart mum*du. XIX. yüzyıl boyunca çeşitli standart lambalar yapıldı. 1940'ta, günümüzde de kullanılan uluslararası standart kabul edildi. Bu, platinin katılaşma sıcaklığında, bir *kara cisim* (ışığı tam olarak soğurup salabilen cisim) gibi ışınım salan bir küçük fırındı (Bk.

ELEKTROMAGNETİK IŞINIM). 1 santimetre karenin ışık şiddeti, dik yönde 1 kandela, yani 60 mum olarak tanımlanır. Ama bu standart karmaşık olduğu için, laboratuvarlarda genellikle kandelaya göre ayarlanmış özel tungsten lambalarından, ikincil standart olarak yararlanılmaktadır.

Işık akısının birimi «*lümen*»dir. 60 mum (1 kandela) şiddetindeki bir kaynak, bütün yönlere 4π lümenlik ışık akısı salar. Bunun nedeni, bir kürenin 4π'lik bir katı açısı olmasıdır (katı açı, bir dairenin 360°'lik olması gibi, kürede tanımlanan bir açıdır). Kaynakta bir katı açı başına 1 lümen düşmektedir. Aydınlık birimi «*lüks*», 1 metre kareye 1 lümendir. Işıklılık için ise, «*lambert*», «*ayak-lambert*», «*nit*» gibi, başka birimler öne sürülmüştür.

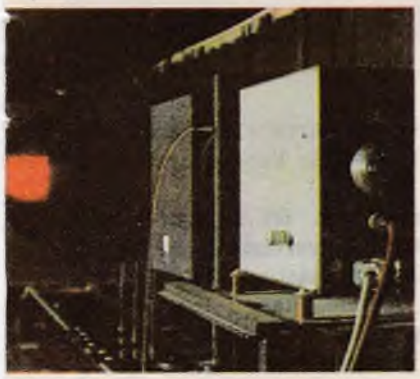
Herhangi bir birimi, gerektiğinde zamanla da birleştirmek olanaklıdır. Sözgelimi, bir FLAŞ'ta 10 lümen saniye, 1 saniyede 10 lm toplam çıkışa ya da 1 milisaniyede 10 000 lümenlik bir çıkışa eşittir. Bazı fotoselli fotometreler, doğrudan doğruya zamana göre toplam aydınlatma değerlerini ölçer; ama apansız parlamaların (flaş) zamanla değişmesi de isteniyorsa, bunu görüntülemek için bir osiloskop gereklidir.

Fotometreler: Fotometre olarak gözün, iki zayıf yanı vardır. Birinci zayıf yan, kesin bir ölçüm yapamaması, yalnızca iki parlaklığın eşit olup olmadığına karar verebilmesidir. Eski Bunsen fotometresinde iki ışığın düştüğü ekranı, yanyanaymış gibi gösteren aynalar vardı. Karşılaştırılacak iki lamba, iki yanı da eşit aydınlatmak için karşılıklı, ama değişik uzaklıklara konulurdu. Taşınabilir ışıklılık ölçerler de benzer biçimde çalışırdı; ama beyaz karşılaştırma yü-

Bir stop lambasının (otomobil), bir mercekten geçerek paralel duruma gelen ışığı ve ışık ölçüm aygıtları. (resim 1) Paravanlar, öndeki fotometreye yalnızca lamba ışığının düşmesini sağlamaktadır.
Dönmekte olan iki aynalı bir sistem, gerideki fotometreye bir sokak lambasından ışık yansıtmaktadır. (resim 2) Böylece ışık, lambayı ters çevirmeye gerek kalmadan, bütün açılardan ölçülebilmektedir.

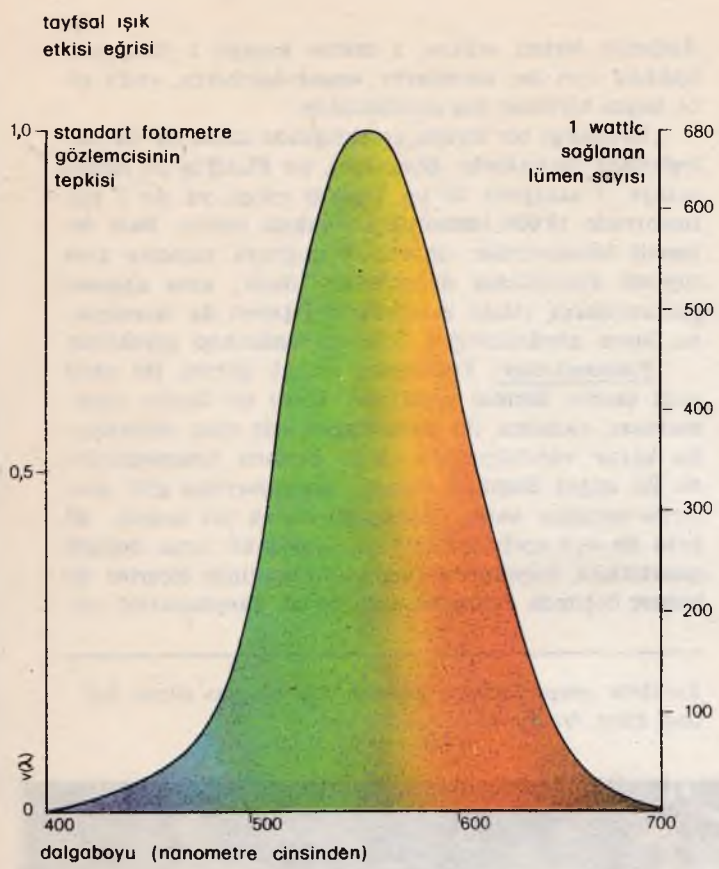
Elektrik ampullerinin toplam ışık akısını ölçen bir tam küre. (resim 3)

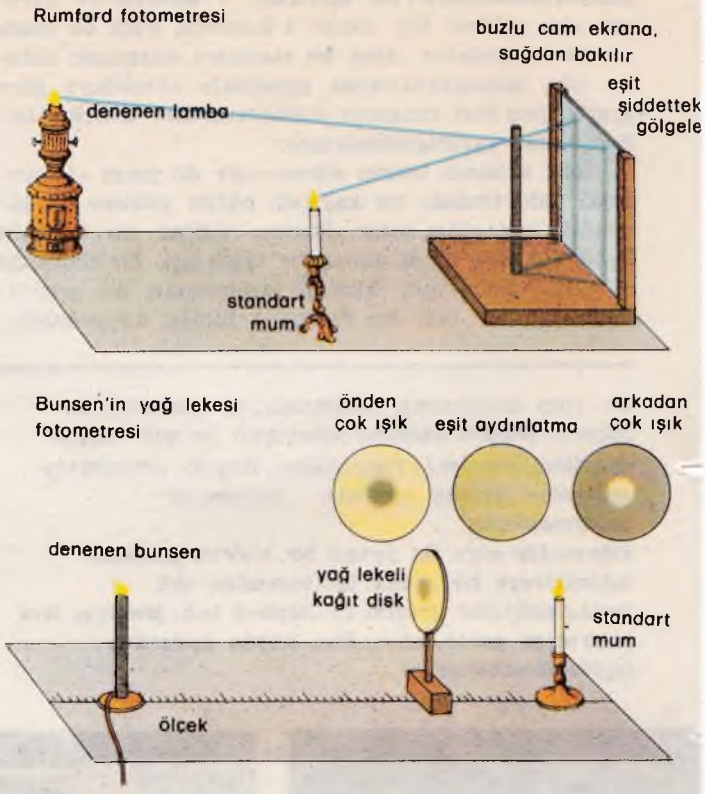
1



2

3





Işık ölçümünde kullanılan, standart renge duyarlık eğrisi. (üstte solda) Eğri, gözün renk algılayışına ve güneşin saldığı ışıklara karşılık gelmektedir. Gözlerimiz bu renk dağılımını beyaz, yani renksiz ışık olarak görmektedir.
Gözü, ışıkölçer olarak kullanan iki ilkel fotometre. (üstte sağda) Gözlemcinin, gölgelerin ya da yarısaydam noktanın kağıtla eşit parlaklıkta olmasını sağlayana kadar, lambaları hareket ettirmesi gerekir. Işık, uzaklığın karesinin tersiyle orantılı olarak azaldığı için, lambaların uzaklıklarının karekökleri, ışık şiddetlerinin oranını verir.

zeyi ve bunu aydınlatan uzaklığı ayarlanabilir lambalar, aygıtın içine yerleştirilirdi. Aynı aygıt, aydınlık ölçmede de kullanıldı. Bu amaçla söz konusu noktaya yerleştirilen beyaz bir diskin ışıklılığı ölçülüyor ve böylece aydınlık, diskin yansıma faktörü kullanılarak hesap ediliyordu.

Gözün ikinci zayıf noktası da, karşılaştırılan iki kaynak arasındaki renk farkı fazlaysa, yanılabilmesidir. Ayrıca bu konuda, değişik gözlemciler değişik sonuçlara varmaktadır; çünkü iki ayrı gözün renk algılaması, hiç bir zaman aynı değildir.

Çağdaş fotoseller gözün söz konusu iki yanılgısını da ortadan kaldırmaktadır. Bunlar, eşit olmayan iki ışığı karşılaştırabilmekte ve rengi ayırt etmediklerinden, kesinlikle yanılmamaktadırlar. Ayrıca, çağdaş fotosel, önündeki uygun bir renk filtresiyle, tayfsal algıyı, *standart fotometre gözlemcisi* (1933'te uluslararası standart olmuştur) eğrisiyle karşılaştırabilmektedir.

Şiddet karşılaştırmaları için, iki kaynak sırayla, filtreli fotoselden aynı uzaklığa yerleştirilir ve iki sonuç da kaydedilir. Işıklılık karşılaştırmaları için, küçük bir teleskop sistemi, istenen alanı fotosele düşürür. Işıklılık ölçeklendirmesi, belli bir şiddet ölçümünden bilinen bir uzaklığa yerleştirilen, magnezyum oksit gibi standart beyaz bir yansıma yüzeyiyle sağlanmaktadır. Işıklılık ölçümleri için, genellikle bir FOTOÇOĞALTICI TÜP kullanılmaktadır; çünkü genellikle ışık azdır. Aydınlık için, selenyum ya da silis FOTOSEL'ler elverişlidir. Bunlar, ölçümün yapılması istenen herhangi bir yerde kullanılabilmektedir.

FOTOMİKROGRAFİ

XVII. yüzyılın başında, ilk bileşik MİKROSKOP bulundu; ama büyütülmüş görüntünün kaydedilmesi, ancak resminin yapılmasıyla gerçekleşiyordu. Bu tür kayıtlara «*mikrograf*» denilirdi. Mikroskopta elde edilen büyütülmüş görüntünün fotoğrafını çekmek için gereken teknoloji, ancak 250 yıl sonra gerçekleşti. Bu tür resimlerin çekilmesine «*fotomikrografi*» adı verildi. Fotomikrografi, «mikroskopla çekilen fotoğraf» olarak da tanımlanabilir.

On kez ya da daha az büyütmeler için, «*fotomakrografi*» terimi kullanılır. *Fotomikrografi*, MİKROFOTOĞRAFÇILIK terimiyle de karıştırılır. Oysa, mik-

rofotoğrafçılık, cisimlerin çok küçültülmüş fotoğraflarının alınmasıdır.

Aygıt: Sistem, bir ışık kaynağı, bir mikroskop ve bir fotoğraf makinasından oluşur. Fotoğraf makinasının tek görevi, görüntüyü kaydedecek olan ortamı (genellikle fotoğraf filmi) bulundurmaktır. Mikroskopta mercek ile diyafram olduğundan, bu parçaların makinada da bulunması gerekmez. Ama buzlu camdan yapılmış bir ekran, odaklamayı kolaylaştırır. Objektif perdesi, ya fotoğraf makinasının içine ya da mikroskopa yerleştirilir.

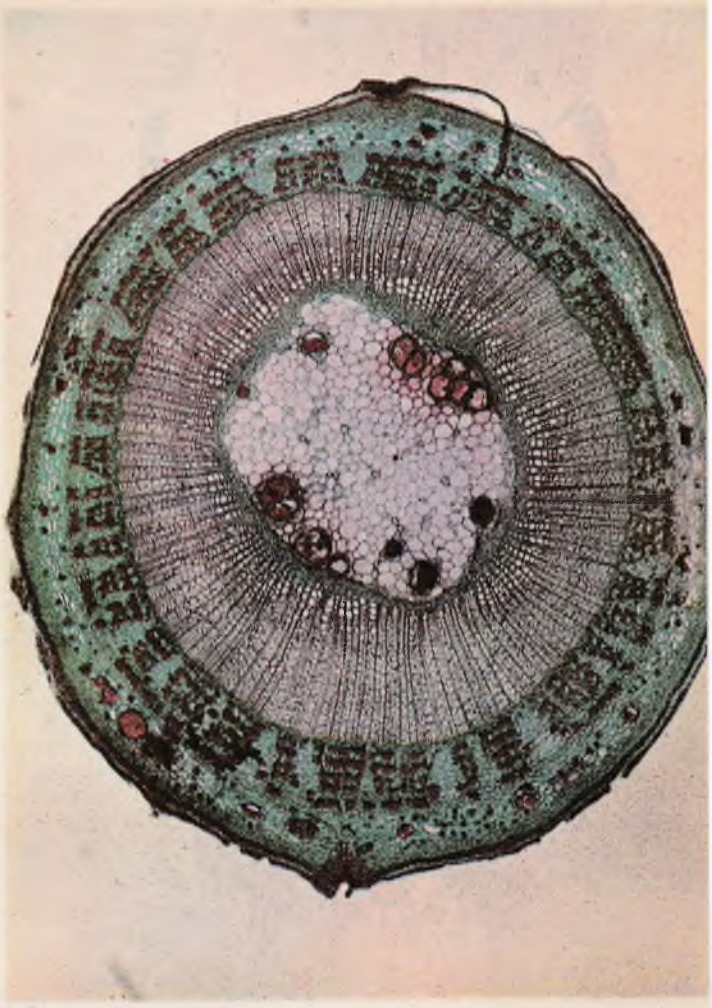
Fotomikrografi sistemleri, çok yalın aygıtlardan bile yapılabilir. Bu tür sistemlerin iyi çalışmasını sağlayan tek koşul, mikroskop ile fotoğraf makinasının, eksenleri çakışacak biçimde ayarlanmasıdır. Ayrıca, yansıyan ışık yardımıyla saydam olmayan cisimlerin resminin çekilmesi ya da yüksek büyütme oranı için uzun poz süreleri gerektiğinden, sistemin, hiç bir sarsıntıdan etkilenmeyecek biçimde monte edilmesi gerekir.

Modern aygıtlar, bazı ek parçaların ve aksesuvarların kolayca takılıp çıkarılması ve ayarlanabilmesi için, modüller halinde yapılır.

Fotoğraf filmi: Belirli ışık koşullarında, belirli bir örnek için en iyi sonucu elde etme amacıyla, birçok etmenin hesaba katılması gerekir. Önce, örneğin ilgi duyulan ayrıntılarını en iyi biçimde belirtecek olan ışık kaynağı ve (gerekiyorsa) renkli filtreler seçilir. Sonra, kullanılan tayfı algılayan en uygun film saptanır. Mavi ışığa duyarlı bir filmin aynı sonucu vereceği yerde, bütün renklere duyarlı olan ve karanlık odada işlenmesi gereken, *pankromatik* film kullanmanın anlamı yoktur.

Seçilecek filmin *kontrast*ının fazla mı, yoksa düşük mü olacağı, incelenen örneğin parlaklık dağılımına bağlıdır. Parlaklıklar birbirinden çok farklı değilse, yüksek kontrastlı film, fark çoksa, düşük kontrastlı film kullanılır. İncelenen örneğin koyu yerleri negatifte açık renk çıkacağından, bu bölgelerdeki ayrıntıların seçilebilmesine dikkat edilmelidir. Negatif film kullanıldığı zaman, poz süresinin gerekenden uzun olması, kısa olmasından iyidir. Renkli tersinir filmler (doğrudan doğruya renkli slayt veren filmler) içinse, bunun tam tersi geçerlidir.

Işık kaynaklarının verdiği ışığın rengi, kaynağın



Ihlamur ağacı dalının 28 kez büyütülmüş kesiti. (sağda üstte) Bu tür örnekler, mikrotomla (en yalın biçimiyle, üstündeki kesici bıçak çok duyarlı bir vidayla ayarlanabilen düz bir tabla) birkaç mikron kalınlığında kesilir. Bu ince tabakalar genellikle renksiz olduğundan, belirli bölgeleri renklendirme amacıyla, özel boyalar kullanılır. Belirli boyalar, bitki liflerinin yalnızca belirli bölgelerini etkilediğinden, bu yöntemle, sözgelimi, nişasta içeren bölgeler kolayca ayırt edilebilir.
Fotomikrografi aygıtı. (sağda altta) Objektiflerin üstünde, ışığı objektiflere ya da fotoğraf makinasına yönelten bir ayna yeralır. Elektronik obtüratör, film için gereken ışığı otomatik olarak ayarlar.

sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bu özellik, renkli fotomikrografide çok önemlidir. Kaynağın sıcaklığı azaldıkça, ışık, kırmızı renk bakımından zenginleşir. Kaynağın *renk sıcaklığı* yükseldikçe, ışıkta mavi renk artar. Renkli filmler, belirli bir renk sıcaklığında, incelenen örneğin gerçek renklerini yansıtacak biçimde üretilir. Kaynağın verdiği ışık ile kullanılan film türü arasında uyum sağlamak için, tayfın kırmızı ya da mavi bölgesini soğuran, renk düzeltici filtreler kullanılır.

Ayırma gücü: Bir sistemin çok küçük ayrıntıları kaydetme yeteneğine, «*ayırma gücü*» denir. Ayırma gücü büyüdükçe, daha küçük ayrıntıların saptanması olanağı doğar. Optik mikroskopun en büyük ayırma gücü, ışığın dalga niteliğiyle sınırlanır. Bunun değeri, 1 500 angström (0,00015 mm) kadardır (göz, normal görüş koşullarında, 0,1 mm'yi ayırt edebilir). Bu, nitelikli mercekler kullanıldığı zaman, 700 kez büyüten optik bir mikroskopla görülebilen en küçük ayrıntıları gösterebileceği anlamına gelir.

700 kez büyütülen görüntülerde, en küçük ayrıntının boyu 0,1 mm'dir. Bütün fotoğraf filmleri bu büyüklükteki ayrıntıları saptayabildiğinden, aygıtın ayırma gücü, kullanılan filmin ayırma gücüne bağlı değildir. Ne var ki, çekilen resim üstünde görüntünün düzeltilmesi olanaksızdır. Film ancak, mikroskopun görünür hale getirdiklerini kaydeder.

Uygulamalar: Fotomikrografi, uygulandığı her alanda yararlı olmuştur. Tıpta ise, artık günlük çözümlemelerde bile kullanılmaktadır. Erken kanser araştırması ve kromozomların incelenmesi, bu yöntemin yararlı uygulamalarına iki örnektir.

Fotomikrografi, nükleer fizikte de çok önemli rol oynar. Fotoğraf emülsiyonu yıllarca,TANECİK BULUCULARI'nda kullanılmıştır. Taneciklerin emülsiyon içinde bıraktığı izler incelenerek, çok önemli temel bilgiler elde edilebilir. Adli bilimde kanıt olarak kullanılan fotomikrografi kayıtlarının, belirsizliğe yer vermemesi gerekir. Parmak izlerinin, imzaların, ipliklerin, mermilerin, vb. nesnelerin fotoğrafları çok dikkatli çekilir. Bu yüzden ADLİ BİLİM fotoğrafları, fotomikrografi tekniğinin en kesin dallarından biridir. Metalürji, biyoloji ve jeoloji gibi birçok başka bilim dalında da, fotomikrografi yaygın olarak kullanılır.

Melophagus ovinus türünden dişi bir koyun kenesinin 13,5 kez büyütülmüş görüntüsü. (solda üstte) Bu yaratıkların özelliklerinin bilinmesi, hayvancılıkla uğraşanlar için çok önemlidir.
Teknoloji alanındaki büyük gelişmelerin bir bölümü, mikroelektronikte gerçekleşmiştir. Resimde (solda ortada), alışılmış devre öğelerinden düzinelercesini içeren bir mikrodevrenin boyutları, tuz tanecikleriyle karşılaştırılmaktadır.
Billur kalınlığındaki farkları belirleme amacıyla, polarılmış ışıkla aydınlatılan asetanilit billurlarının fotomikrografı. (solda altta) Bu ilaç, ateş düşürme ve ağrı dindirme amacıyla kullanılır.

FOTON Bk. KUVANTUM KURAMI

FOTOSEL

Fotosel, yalın sayımlardan, SOKAK AYDINLATMA sistemlerinin ışığın şiddetine göre denetlenmesine kadar, çeşitli yerlerde kullanılan yararlı bir öğedir. En yalın sayma aracı, hareketli bir cismin yolu üstünde bulunan bir ışık demeti ile elektromagnetik sayıcıya bağlı bir fotoselden oluşur. Işık kesildiğinde fotosel etkilenerek, sayıcıyı harekete geçirir. Yüksek hız gerektiren durumlarda, elektromagnetik aygıtların yerine, transistörler kullanılır. Fotosellerin öteki kullanım alanları kapı otomatikleri, matbaacılık (renkli baskılarda doğru renk ayrımı), baca dumanlarının yoğunluğunun ya da sıvıların bulanıklılığının ölçülmesini sağlayan işlemler ve asansörleri doğru yükseklikte durduran sistemlerdir.

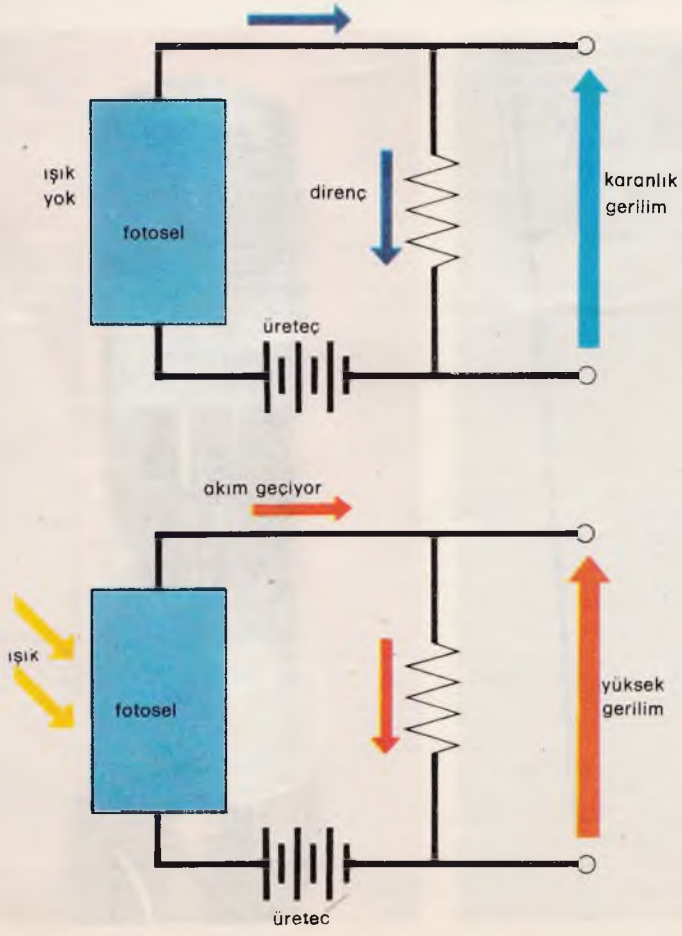
Fotoelektrik etki: Belirli koşullar altında, bir elektrik devresindeki akım, devrenin uygun bir kesimine düşen IŞIK'tan etkilenebilir. Işık ışınlarının elektrik olayları oluşturma etkisi, «*fotoelektrik etki*» diye adlandırılır. Gelen ışının varlığını belirleyen ve niceliğini ölçen çeşitli fotoseller yapılmıştır. Fotoseller, ilkelerine göre üç bölüme ayrılır: Fotosalım ya da fotoemisyon (normal fotoelektrik olay) öğeleri; fotoiletken (fotokondüktif) öğeler; fotovoltaik öğeler.

Fotosalım öğeleri: Fotosalım, bir madde yüzeyine düşen ışık ya da başka bir ELEKTROMAGNETİK IŞINIM sonucunda, eksi yüklü taneciklerin, yani ELEKTRON'ların salınması olayıdır.

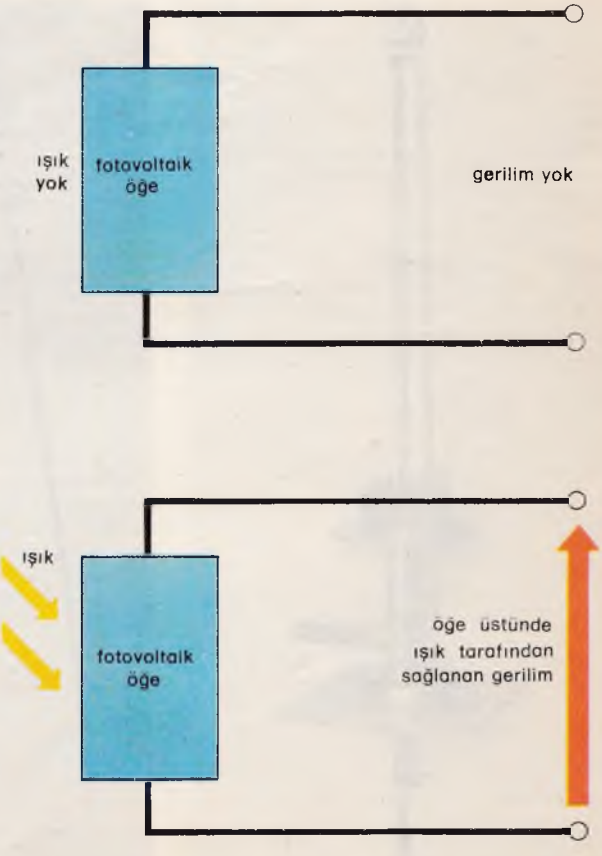
Fotosalım, ilk kez Alman fizikçi Hertz tarafından 1887'de gözlemlendi; ama EİNSTEİN'ın 1905'te, Max PLANCK'ın öne sürmüş olduğu KUVANTUM KURAMI'nı geliştirmesine kadar, nedeni açıklanamadı. Planck, ışık ışınımlarının «*kuvanta*» adını verdiği «paketler» halinde salındığını ya da soğurulduğunu öne sürmüştü. Einstein ise, ışınımın kendisinin, kuvanta ya da «*foton*»lardan oluştuğunu söyledi. Bir metal yüzeyine çarpan ışık, her biri kendine özgü enerji niceliği taşıyan bir tanecik ya da foton akımı gibi davranır. Bu enerji niceliği, bombardıman edilen metalin atomuna bağlı bir elektrona geçirilebilir. E-

Fotovoltaik öğeler dış güç kaynağı gerektirmezler; ama öteki türlerden daha az duyarlıdırlar. Fotodiyotlar hızlıdır ve fotosalım öğelerinin yerini almaktadır.

fotosalım ve fotoiletken öğeli devrenin çalışması



fotovoltaik öğeli devrenin çalışması



lektronun metalden ayrılabilmesini sağlamak için, «*metalin iş fonksiyonu*» diye adlandırılan nicelikte bir işe gereksinim vardır. Bir fotonun soğurulması, bir elektronu harekete geçirerek bir enerji ortaya çıkarırsa, iş fonksiyonunun fazlalığıyla, metalden ayrılma sağlanabilir. Salma oranı, fotonların maddeye çarpma oranıyla, yani ışığın şiddetiyle orantılıdır.

Salınan elektronlar bir elektrik akımına dönüştürülürse, bu akım, ışık şiddetinin ölçümünde kullanılabilir. Elektron salımını en yükseğe çıkarmak için, fotosalım öğelerinde küçük iş fonksiyonlu maddeler kullanılır.

Tipik bir öğe, içinde iki elektrot bulunan boş bir cam ampulden oluşur. Bunlardan biri, fotosalım özelliğini taşıyan bir maddeyle kaplanmış, yarım silindir biçiminde bir metal levhadan oluşan *katot*tur. Madde, ölçülecek ışınımın türüne göre seçilir. Gün ışığı için antimon ve sezyum alaşımı elverişlidir; ama yapay aydınlatmada, gümüş oksit üstüne kaplanmış sezyum tabakası kullanılır. İkinci elektrot, yani *anot*, düz bir telden oluşur.

Işığa duyarlı katoda çarpan ışınlar, elektronların salınmasını sağlar. Anoda + 1 gerilim uygulandığında, elektronlar anoda doğru çekilir ve bir akım oluşur. Öğenin duyarlığı, düşük basınçta, argon gibi bir ASAL GAZ doldurularak artırılabilir. Katottan ayrılan elektronlar, gazın atomlarıyla çarpışarak, daha çok elektronu serbest duruma getirir ve akımı artırır. Böyle bir öğenin en üst çıkışı bile, doğrudan kullanılamayacak kadar düşüktür. Bu nedenle, elektronik yollarla güçlendirilmesi gerekir.

Bu tür öğelerin kullanım alanları arasında film ses kayıtlarının okunması ve optik sinyallerin TELEVİZYON kameralarında elektrik sinyallerine dönüşmesi sayılabilir.

Fotoiletken öğeler: Bazı maddelerin elektrik iletme gücü, üstlerine düşen ışığın şiddetindeki değişikliklere bağlı olarak değişir. Bu olaya «*fotoiletkenlik*» denir.

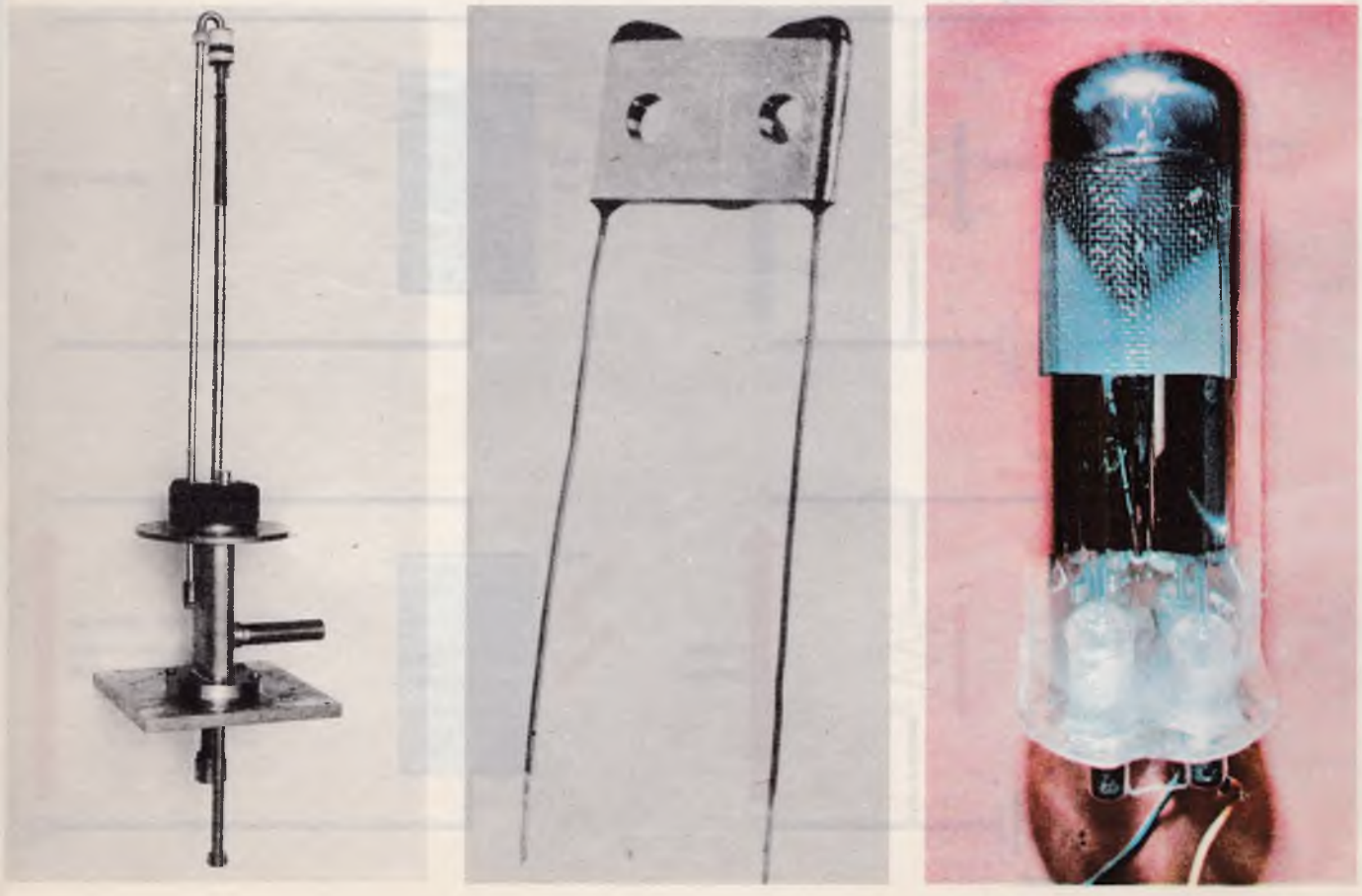
Elektrik iletebilen maddelerin bu özelliği, maddenin atomlarına bağlı belli sayıda elektronun, bir atomdan komşu bir atoma, «*elektromotor kuvvet*» ad-

---

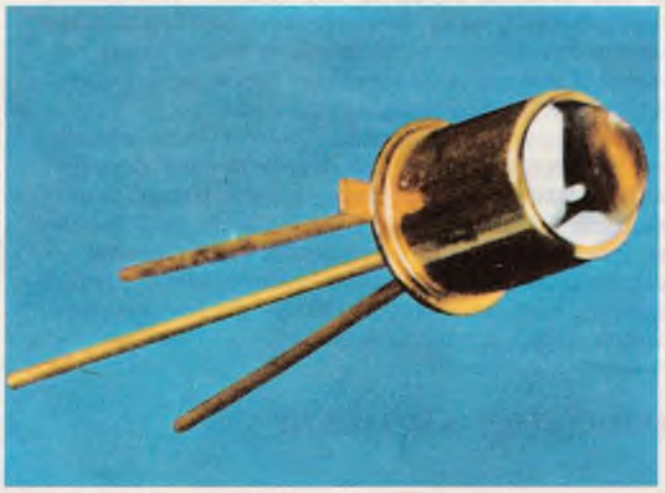
Hızlı yanıtlı bir fotodetektör. (altta solda) Bu, 0,1 mm-8 mm arası dalgaboyu ışınımı algılayan bir fotoiletken öğesidir. Doğru çalışması için, düşük sıcaklık gereklidir.

Bu indiyum antimonürlü fotoiletken öğe (altta ortada), kızılaltı ışınım ayrıştırmalarında kullanılmaktadır.

Bir fotosalım öğesi. (altta sağda) Bu, çok duyarlı bir öğedir (20 μ A/lümen); sezyum ve antimon katot kullanılmıştır.



Kamera pozometrelerinde kullanılan bir kadmiyum sülfürlü öğe. (üstte)
Karakter tanımada, bant ve kart okumada, hız göstermede kullanılan silisli bir fototransistör. (altta) Bunlar, TTL ve DTL mantık devrelerinde de kullanılabilirler.



lı bir dış gerilim uygulanmasıyla iletilebilmesine dayanır. Selenyum gibi fotoiletken bir madde ışın aldığında, foton enerjisi soğurumu sonucu birkaç elektron, atomların etkisini yener ve gerilimle sağlanan elektriksel alanda (elektriksel alan, birim uzaklık başına düşen gerilimdir), serbestçe hareket etmeye başlar.

Selenyumlu öğe, bir üreteç ve akım gösterecek bir ölçü aygıtı içeren elektrik devresine bağlanırsa, ışık, selenyumlu öğeye çarptığında, akım artar (ya da elektriksel DİRENÇ düşer). Işığın bulunmadığı durumda öğenin direncine, «*karanlık direnç*» adı verilir. Bu sistemin olumsuz yanı, sıcaklık ve nem oranı değişikliklerinin ve öğenin daha önce aldığı ışığın, karanlık direnci etkilemesidir.

Yüzeye ışığın çarpması ile, dirençte ortaya çıkan değişiklik arasında, bir zaman gecikmesi ya da bir yanıt süresi vardır. Yanıt süresi, azalan ışık düzeyinde, artan ışık düzeyindekinden daha büyüktür. Bu etki, yavaş değişen ışık koşullarında pek önemli değildir; ama ışık düzeyinde apansız değişiklikler olduğunda, belirgin hale gelir.

Fotoiletkenlik gösteren öteki yarıiletken maddeler arasında talyum sülfür, germanyum, kurşun sülfür ve kadmiyum sülfür sayılabilir. Günümüz gereçlerinde selenyumun yerini almaya başlamış olan bu maddelere, bazen «fotodiyot» adı verilmektedir. Fotodiyotlar, sokak aydınlatmasında kullanılan anahtarlarda ve düşük derecede ısıl ışıma ölçümlerinde, geniş çapta kullanılmaktadır.

Fotovoltaik öğeler: Bazı maddelerin birleşme yerlerinde, ışık alınca, küçük bir gerilim ya da elektromotor kuvvet oluşur. Buna «*fotovoltaik* (fotogerilim) *olay*» denir.

Bu ilkeyle çalışan bir öğe, ince bir selenyum tabakasıyla kaplı bir demir levhadan oluşur. Selenyumun ön yüzünde, elektriksel bağlantıyı sağlamak için, ince ve saydam bir altın tabakası bulunmaktadır. Altından geçen ışık, selenyuma çarpar; elektronların enerjisini yükselterek, harekete geçmelerine yolaçar. Altın tabakasına da geçen elektronlar, öğe duyarlı bir dirençölçere bağlıysa, ölçü aygıtından geçip, demir taban levhasına akarlar.

Öğe, kendi elektromotor kuvvetini sağlayarak, devrede bir elektron akımı oluşturur. Ölçü aygıtı tarafından okunan akım, öğe üstündeki aydınlanma miktarıyla orantılıdır. Bu tür aygıtlar çok kullanışlıdır ve dış güç kaynağı gerektirmediklerinden ötekilerden üstündür.

Fotovoltaik öğeler, POZOMETRE'lerde ve RÖLE'lerde kullanılmaktadır, ama duyarlı ölçüm öğeleri olarak, fotosalım öğeleri kadar kullanışlı değillerdir.

FOUCAULT, LEON (1819 - 1868)

Optik, elektromagnetizma, fotoğrafçılık ve başka birçok dalda, zamanının en ünlü araştırmacılarından biri olan Léon Foucault, Parisli bir yayımcının oğluydu. 10 yaşındayken babası öldü ve Foucault'yu annesi büyüttü.

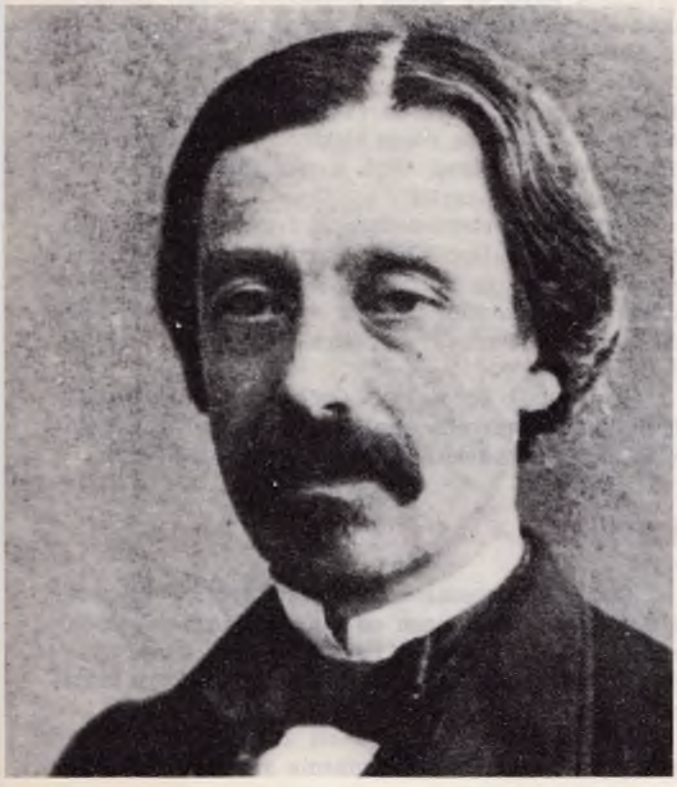
İyi bir öğrenci olmamasına karşılık, bilimsel yeteneğinin iyi bir cerrah olmasına yeteceğini düşünen annesi, Foucault 13 yaşına bastığında, onu bu konuda eğitecek bir özel öğretmen tuttu. Ne var ki Foucault, kan görmeye ve acı çeken insanlarla karşılaşmaya dayanamıyordu. Bu yüzden cerrah olmadı; tıp okulunda bir mikroskopik anatomi uzmanı olan Dr. Donné ile tanışınca ışık ve optik konularıyla ilgilenmeye başladı. Çeşitli aygıtlar yaptı.

1850'de yayınlanan en tanınmış deneyi, salınımını saatlerce kendi kendine sürdüren, serbestçe asılı bir sarkaç kullanarak, Dünya'nın dönüşünü kanıtlamasıdır. Yere çizilen bir çizgi üstünde salınmaya bırakılan sarkaç, bir süre aynı doğrultuda salınır. Ancak, Dünya'nın dönüşü nedeniyle giderek, salınım düzlemi değişir.

«Foucault sarkacı» adı verilen bu aygıt, günü-

Foucault'nun Paris'te denediği ilk sarkaç. (solda) Bu sarkacın, her yöne salınabilecek biçimde asılması gerekmektedir. Bir telin ucuna asılan ağırlık saatlerce durmadan salınabilir.

Léon Foucault. (altta)



müzde birçok müzede sergilenmektedir. Kuzey yarıkürede sarkacın dönüşü, saat yönündedir; ekvatorda ise, Dünya'nın dönme düzlemi ile sarkacın askı teli aynı düzlemde olduğu için, hiç dönme olmaz. Foucault, sarkacın dönme niceliğini, Dünya'nın açısal hızı ile söz konusu yerin enlemine bağlayan bir yasa da yayınlamıştır.

1852'de Foucault CAYROSKOP'u yaptı ve özelliklerini açıkladı: Hızla dönen bir tekerlekten oluşan bu aygıt, «dönme eylemsizliği» (eylemsizlik, bir cismin harekete karşı direncidir) adı verilen bir etki nedeniyle, ekseninin yönünü değiştirmeye yönelik girişimlere kuvvetle karşı koyar. Tıpkı sarkaç gibi, cayroskop da, Dünya dönerken, yıldızlara göre dönme açısını korur. Yer'in magnetik kutuplarını gösteren pusula yerine, cayroskoptan yararlanılarak yapılan ve coğrafi kuzey-güneyi gösteren cayropusula, ilk kez 1910'da Alman silahlı kuvvetlerince kullanıldı. Günümüzdeyse, hem yer, hem de uzay çalışmalarında bu aygıttan yararlanılmaktadır.

Foucault'nun bir başka büyük araştırması, o zamana kadar pek çok kez denenmesine karşılık tam olarak ölçülemeyen, ışık hızı üstünedir. Hızla dönmekte olan bir aynada bir görüntü oluşturup, bu görüntüyü 20 m uzaklıktaki bir başka aynaya yansıttı. Işık geri döndüğünde, ilk ayna hafifçe dönmüş olduğundan, bu aynada ilk görüntü ile (farkı ışık hızına bağlı olan) ikinci bir görüntü oluştu.

1850-1862 yılları arasında Foucault, ışık hızının, havada 298 000 km/saniye olduğunu buldu. Bu değerin günümüzdeki geçerli değerden farkı, yalnızca yüzde bir oranındadır. Foucault ayrıca, iki ayna arasına içi su dolu bir cam boru yerleştirildiğinde, hızın yüzde 25 kadar düştüğünü gördü ve böylece, ışık hızının, yol aldığı ortama bağlı olduğunu ortaya koydu.

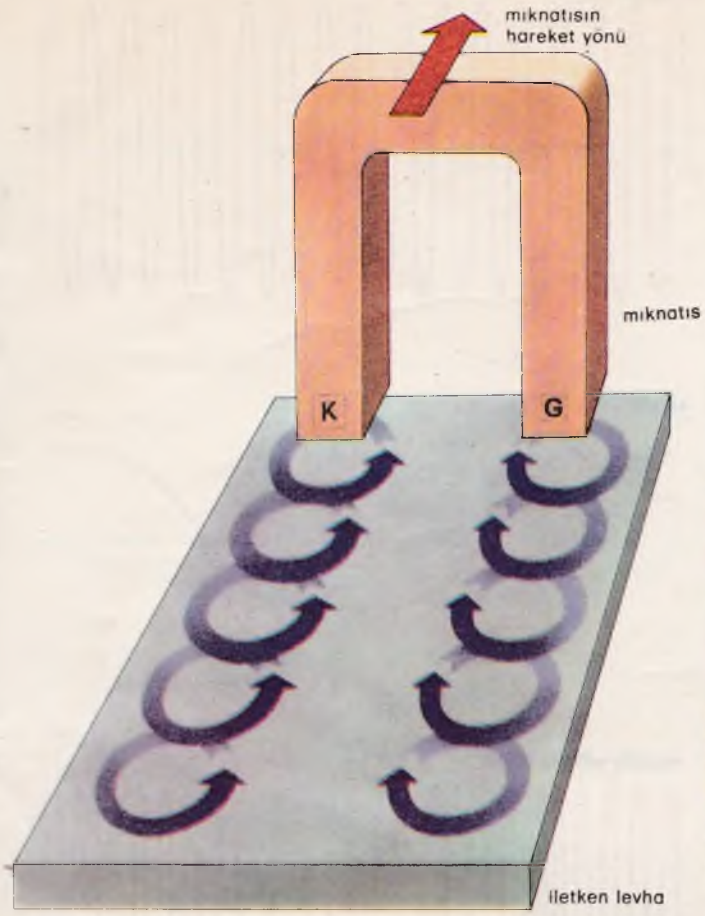
İçbükey aynalar için Foucault deneyi, aynanın tam odağına bir bıçak yerleştirilerek yapılır. Böylece, ayna yüzeyinin biçiminde, santimetrenin milyonda biri kadarlık sapmalar bile ortaya çıkarılabilir. Foucault deneyinden önce, teleskop için üretilen aynaların düzeltilmesi, oldukça güç ve yetkin sonuç vermeyen yöntemlerle yapılıyordu. Bıçak kenarı ilkesi, HAVA TÜNELİ'nde de kullanılmaktadır.

Foucault, çalışmalarının çoğunu Paris gözlemevinde gerçekleştirdi. Pahalı aygıtlarla donatılmış özel bir laboratuvar kurma isteği, gerekli parayı kazanmak için endüstriye yönelmesine yolaçtı. 1867 fuarında, marangoz ve dokuma makinaları için mekanik regülatörler sergiledi. Çabaları sonucu gerekli parayı kazandı, ama zayıf düştü. 1867'de ilk felç belirtileri başladı, 11 Şubat 1868'de de öldü.

FOUCAULT AKIMLARI

Bilindiği gibi, bir iletkenden geçen hareketli ya da değişken magnetik alan, iletkende bir akım indükler. Elektromagnetik indüklenme ile Foucault akımları birbiriyle bağıntılıdır. Tıpkı bir teknenin ardında oluşan burgaçlar gibi, bir bakır, alüminyum ya da pirinç levhaya tutulan mıknatıs da, «Foucault akımı» diye adlandırılan burgaçlı ve düzensiz akımlar oluşturur. Bu olaydan, evlerdeki ELEKTRİK SAYACI'nda ve elektromagnetik kilitlerde yararlanılır. Akım her zaman, levha ile mıknatıs arasındaki göreceli harekete karşı koymaya çalışır. Başka bir deyişle, mıknatıs, levhayı tutmaya çalışır.

Foucault akımları, indüksiyon motorunun (Bk. ELEKTRİK MOTORU) demir bir çekirdeğe gömülmüş bakır ya da alüminyum kafesinde, yani rotorda da ortaya çıkar. İndüksiyon motorlarında, ne kadar iyi düzenlenirse düzenlensin, Foucault akımlarının oluşması önlenemez.



Bir at nalı mıknatıs, bir alüminyum levhanın yüzeyinde gezdirilirse, metalde Foucault akımları oluşur. (üstte) Bu akımlar, doğada gelişigüzel oluşmalarına karşın, levha ile mıknatıs arasında bir çekim kuvveti oluşturacak biçimde, kendi magnetik alanlarını yaratırlar.

FRANKLİN, BENJAMİN (1706 - 1790)

Amerika'ya göç etmiş bir İngiliz ailesinin oğlu olan Benjamin Franklin, XVIII. yüzyılın en tanınmış ve renkli kişilerinden biridir. Yaşamı yayımcılık, devlet adamlığı, bilimsel çalışmalar gibi çeşitli uğraşlarla geçmiştir. Yorulmak bilmez bir yazar olmuş, birçok yardım kurumu oluşturmuş ve Amerika'daki ilk kütüphanelerden birini kurmuştur. Ayrıca, Amerika'daki İngiliz sömürgelerinin Londra temsilciliğini yapmış ve sömürgelerden damga vergisi yoluyla para toplanmasına karşı çıkmıştır. Bu yolla başarılı bir sonuç alamayacağını anlayınca, Amerika'ya dönmüş ve Bağımsızlık Bildirgesi'ni hazırlayan komitede görev almıştır. Daha sonra da, Fransa'da A.B.D'ni temsil etmiş ve bir dostluk anlaşması imzalamıştır.

Franklin, bilim alanında ilk buluşlarından birini 1740'ta yaptı. «Pennsylvania şöminesi» ya da «Franklin sobası» adı verilen bu düzenek, şöminelerden çıkan ısının, yeni bir düzenlemeyle şöminenin ya da sobanın arkasından geçmesiyle, ısınan havadan daha iyi verim alınmasını sağlıyordu. Bu yöntemle Franklin, «oturma odasını, eskiden yaktığı odunun dörtte birini yakarak, iki kat daha çok ısıttığını» öne sürdü.

Ama Franklin'in en önemli bilimsel çalışması, elektrik alanındadır. 1746'da Edinburgh'lu Dr. Spencer'in statik elektrikle ilgili bir deneyini izleyen Franklin, iki arkadaşından birinin üstündeki statik elektriğin, ötekine atlamasını gözleyerek, artı ve eksi elektrik kavramlarını ortaya attı. Buna göre, daha çok elektrik taşıyan bir kişinin, öteki kişiye göre artı yükle yüklenmiş olması gerekiyor, bu yüzden eksi yüklü kişi ile aralarında bir kıvılcım oluşuyordu. Bundan sonra, cam plakalardan oluşan bir pilin, nasıl elektrik-

Benjamin Franklin. (solda)

1870'de yayınlanan bir kitaptan alınan bu resimde (altta), Franklin'in yıldırım deneyi görülmektedir. 1752'de yapılan bu deney, iki yardımcısının ölümüne neden olmuştur.

le yüklenebileceğini açıkladı (çok plakalı KONDANSATÖR'lerin ilk örneği). YILDIRIMLIK'ı (paratoner) buldu ve ilk kez 1752'de, Paris'te bir deney sırasında kullandı. Franklin'in elektrik bilimine getirdiği terimler, günümüzde de geçerliğini korumaktadır; günümüzde, elektriğin eksi yüklü elektronların akmasından doğduğunun bilinmesine karşın, hâlâ akımın «artı» kutuptan «eksiye» doğru aktığından söz edilir.

Franklin'in yaptığı en ünlü deneylerden biri, yıldırımın bir elektrik olayı olduğunu kanıtlamasıdır. 1752 yılında, fırtınalı bir havada, büyük bir ipek mendilden yaptığı, iki çıtalı uçurtmayı uçurdu. Uçurtma ipinin ucuna ipek bir kurdeleyle bir anahtar bağladı ve yardımcılarına «ip yeterince ıslandığında, anahtara yaklaşana elektrik akımının geçeceğini» söyledi. Kendisi raslantı sonucu kurtuldu; ama yardımcılarından ikisi, deney sırasında öldü. Franklin, meteoroloji ve denizbilim konularında, tropikal bölgelerden yükselen sıcak hava akımlarının kuzeye doğru kayması sonucu ortaya çıkan fırtına sistemlerini buldu. Gemicilerden Golfstream sıcak su akıntısına ilişkin bilgiler topladı. Atlas Okyanusu'nun kuzeyinde yaptığı sıcaklık ölçümleri sonucu, bu akıntının, deniz içinde bir ırmak gibi aktığını ve doğuya giden gemilerin hızlarını artırdığını ortaya koydu.

1784'te Fransa'da görevliyken, çift odaklı mercekleri geliştirdi. O yıllarda gözlük takıyordu ve hem uzağı, hem yakını görmek için sürekli gözlük değiştirmeyi, sıkıcı buluyordu. Gözlük çerçevesi içine yarıdan kesilmiş iki ayrı mercek yerleştirdi. Böylece, gözlüğünü hiç çıkarmadan, hem önünde yediği yemeği, hem de sofradaki kişilerin yüzlerini görebilmekteydi.

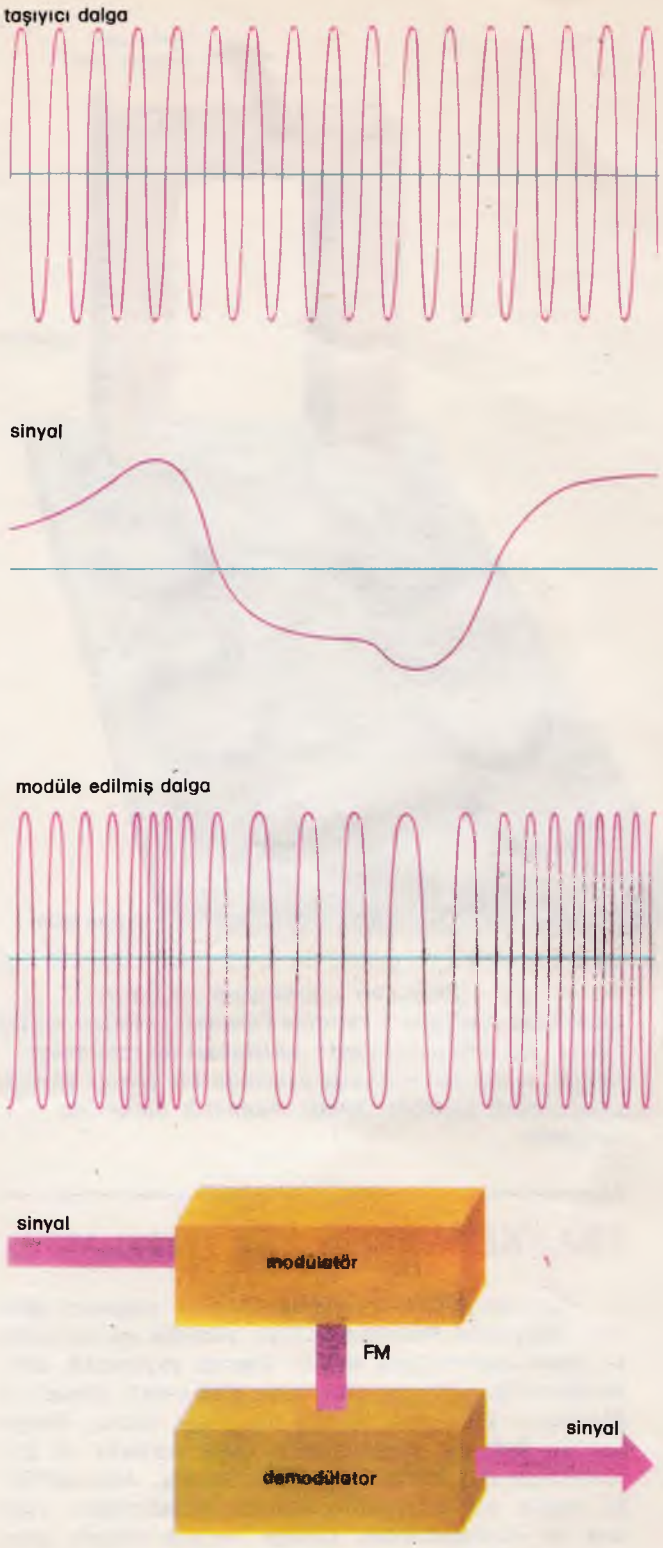
Bilgi ve düşüncelerden karşılıksız yararlanılmasından yana olan, «başkalarının buluşlarıyla birçok rahatlığa kavuştuğumuza göre, buluşlarımızla insanlara yararlı olma olanağı bulunca mutlu olmalıyız» diyen Franklin, buluşlarının hiç birinin patentini almamıştır.

FREKANS Bk. DALGA HAREKETİ; SİNÜS DALGASI

FREKANS MODÜLASYONU

Frekans modülasyonu (*FM*), bir *taşıyıcı dalga* üstündeki *sinyal*i kodlama tekniğidir. Genlik modülasyonuna (*AM*) karşıt olarak geliştirilmiştir. RADYO iletişiminde hem *FM*, hem de *AM* sistemleri kullanılır; ama TELEVİZYON'da yalnızca *FM* tekniğinden yararlanılır.

Genlik modülasyonunda, değişmez frekanslı taşıyıcı dalga üstündeki sinyalin genliği modüle edilmektedir (ses dalgasında şiddet değişikliklerini, genlik değişiklikleri belirler). Modüle edilerek yayınlanan bu sinyallerin alıcıda gerçek biçimlerine çevrilmesi için, genliğin demodüle edilmesi gerekir. Frekans mo-



FM radyonun ilkesi. Modülatör, taşıyıcı dalgayı üretir ve modüle edilmiş dalga vermek için, frekansını, sinyal genliklerindeki değişmelerle orantılı olarak değiştirir. Demodülatör ise, ters işlem yapar; genliği FM dalgasındaki frekanslara göre değişen bir çıkış sinyali vererek, asıl sinyalin elde edilmesini sağlar.

dülasyonunda, taşıyıcı dalganının genliği değişmez; ama iletilecek sinyal, taşıyıcı dalga frekansı çevresinde frekans modülasyonuna uğratılır. Burada da, alıcıda gerçek sesin verilmesi için, frekansın demodüle edilmesi gerekir.

Modülasyon gereksinimi: Modülasyon tekniği geliştirilmeseydi, alıcılarda frekanslar ayırt edilemeyeceğinden, aynı bölgede birden çok radyo ya da televizyon istasyonunun çalışması olanaksız olurdu. Oysa modülasyonla, belirli bir taşıyıcı dalga ve frekans bandı üstünden yayın yapan herhangi bir istasyon, alıcıda, bu bandın seçilmesiyle dinlenebilir ve farklı bantların girişim etkileri büyük ölçüde önlenmiş olur.

Alçak frekans (*LF*) ile ultra yüksek frekans (*UHF*) arasındaki radyo frekans tayfının tümüne, ikiye katlamaya bile gerek kalmadan, 50 000 kadar *AM* kanalı ya da 5 000 kadar *FM* kanalı yerleştirilebilir. Genellikle yayınlar, belirli bir bölge ya da ülke çapında kullanıldıklarından, aynı frekanslar, büyük bir girişimle karşılaşmaksızın, başka bölge ya da ülkelerde de uygulanabilir (özellikle verici gücüne bağlı kalınarak). Bununla birlikte, dünya çapındaki yayınların birbirine karışmaması için, frekans seçiminde uluslararası kurallar uygulanır (Bk. RADYO VE TELEVİZYON YAYINI).

FM ilkeleri: *FM*'de taşıyıcı dalga frekansı, bir merkezi frekans çevresinde değişebilecek biçimde düzenlenir. Frekanstaki bu değişme, kodlanacak sinyalin genliğindeki değişmeyle orantılıdır. Sözgelimi, her bir voltluk giriş sinyal genliği için frekans 1 kHz değişirse, beş voltluk bir genlik değişmesi 5 kHz'lik bir frekans değişimine neden olacaktır. Kodlanacak giriş sinyali, doruk değerleri ± 10 volt olan sinüs biçimli bir dalga ise, taşıyıcı frekans çevresinde oluşacak frekans dalgalanması, ± 10 kHz değerine ulaşacaktır. Taşıyıcı dalga frekansı 1 MHz (1 MHz = 1 000 kHz) düzeyindeyse, bu, frekans dalgalanmalarının saniyede 2 000 kez 1,01 MHz ile 0,99 MHz arasında değişeceği anlamına gelir.

Burada anlatılanları uygulamaya geçirmek için, sinyalin yüksekliğine göre frekansı değişen bir osilatöre gereksinim vardır. Hi-fi *FM* yayınlarında, çok nitelikli bir yayın sağlamak için, oldukça karmaşık devreler kullanılır. Ancak, değişik yollardan, yaklaşık ve ucuz bir eşdeğerin elde edilmesi de olanaklıdır. Sözgelimi, artı geri beslemeli bir amplifikatörün geri besleme yolu üstüne, ayarlanır bir indüktör-kondansatör (*LC*) devresi konularak, yalın bir OSİLATÖR yapılabilir. Osilatörün frekansı, İNDÜKTANS'ın ve KAPASİTANS'ın değerleriyle saptanır. İndüktör ya da kondansatör değerlerinden biri değiştirilerek, osilatör frekansı, istenen değere çıkarılabilir. Bunu elde etmenin bir başka yolu da, anot ile katot arasındaki etkili kapasitansı ızgara gerilimine bağlı olarak değişen, bir valf (vakum tüpü) kullanmaktır. Söz konusu düzenek, lambanın özelliğine bağlı olarak çalışır; ama TRANSİSTÖR kullanılarak da benzer devreler kurulabilir.

Demodülasyon: Demodülasyon, asıl sinyalin yeniden elde edilmesi için uygulanan ve modülasyonun tersi olan bir işlemdir. Burada *FM* sinyal frekansındaki bir değişme, çıkış geriliminde de değişikliğe neden olacak biçimde işleme uğratılır. Kullanılan tekniklerden biri, merkez taşıyıcı dalga frekansına ayarlanabilen indüktör-kondansatör devresinin kurulmasıdır. Bu devre, modüle edilmemiş bir *FM* sinyaliyle (yani, değişmez taşıyıcı frekansı) beslendiğinde, sinyale uyumlu olarak salınım yapan bu titreşimler, en üst genliktedir. Buna karşılık, modüle edilmiş *FM* sinyalinin frekansı, indüktör - kondansatör devresinin frekansından biraz farklı olacak, dolayısıyle de devre, daha küçük genliklerle titreşim yapacaktır. Bir DOĞRULTMAÇ ve bir alçak gerilimli FİLTRE yardımıyla, bu genlik değişiklikleri algılanıp, asıl sinyal elde edilir.

FM'nin AM ile karşılaştırılması: *FM* sistemleri, *AM*'ye oranla, hem gürültü, hem girişim etkilerine karşı çok daha olumlu sonuçlar verir. Ama bunun sağlanması için, özellikle sinyalin alıcıda hiç bozulmadan yeniden elde edilmesi gerektiğinden, uzun bant genişlikleri kullanmak zorunludur. Sözgelimi, 20 kHz'lik bant genişliği olan *AM*'ye karşılık, *FM*'de 200 kHz'lik bir bant kullanılır. Televizyonlardaysa, bant genişliği çok daha fazladır.

FM ilk kez 1930'larda E. H. Armstrong tarafından uygulandı. Ama, gerekli yüksek frekansta taşıyıcı dalgaların elde edilememesi yüzünden, gelişmesi oldukça gecikti (*FM*, 200 kHz'lik bir bant genişliğine gerek duyduğundan, yalnızca frekansı 1 MHz'den yüksek olan taşıyıcı dalgalarla birlikte kullanılabilir). *FM* genellikle, frekansı 10 MHz'in üstünde olan *VHF* ve *UHF* bantlarında kullanılır.

FREN

Fren, araçları ve makinaları denetimli bir biçimde yavaşlatmak ya da durdurmak için kullanılır. OTOMOBİL, tren, UÇAK, KREN ve başka birçok makinada bulunan frenler, değişik biçimlerdedir.

Frenlerin çoğu sürtünmeli türdendir. Bunlarda hareketsiz bir yüzey, yavaşlaması ya da durması istenen hareketli parçayı sıkıştırır. İki yüzey sürtünür ve hareketli parçanın enerjisi, ısıya dönüşerek atmosfere yayılır. Hareketli bölümün yitirdiği bu enerji, istenilen yavaşlamayı sağlar.

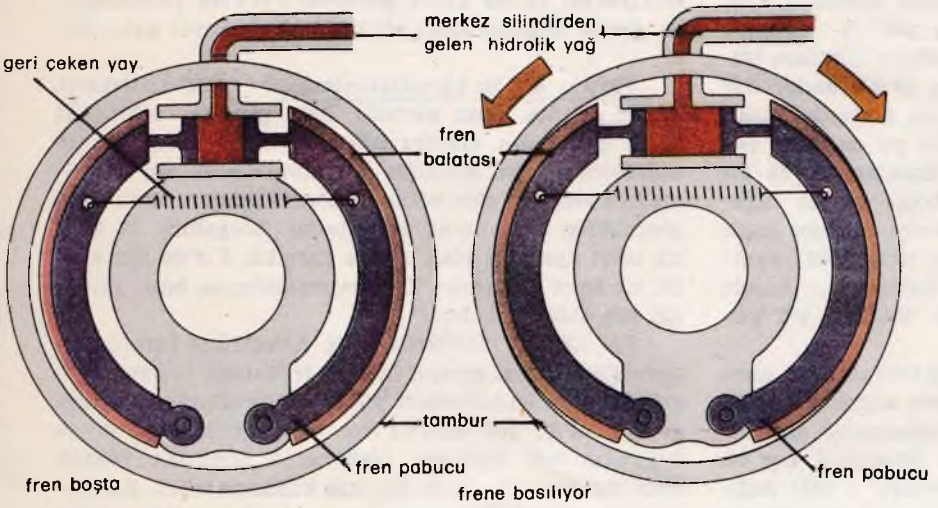
Frenlerin büyük bir bölümü, döner türdendir. Bunlarda bir blok ya da balata, dönen bir kampana, tambur ya da disk üstüne bastırılır. Doğrusal hareketli frenler de vardır. Bu türe örnek olarak, asansörlerdeki imdat frenleri gösterilebilir. İmdat frenleri, asansörde, üstünde kabinin kaydığı çelik raylara blokların bastırmasıyla çalışır.

Bantlı frenler: Bantlı frenler, özellikle yükün hep aynı doğrultuda etkidiği ve güvenle taşınması gerektiği kren ve yük asansörlerinde, hareketi denetleme amacıyla kullanılan yalın, ama çok etkili düzeneklerdir. Bunlar, tambur çevresine sarılmış, esnek bir fren bandından oluşurlar. Tambur, makina çalışırken onunla birlikte döner. Bant gevşekken, tambur serbestçe döner, ama bant gerilince, tamburu sıkıca sa-

rar ve önemli bir frenleme kuvveti oluşur.

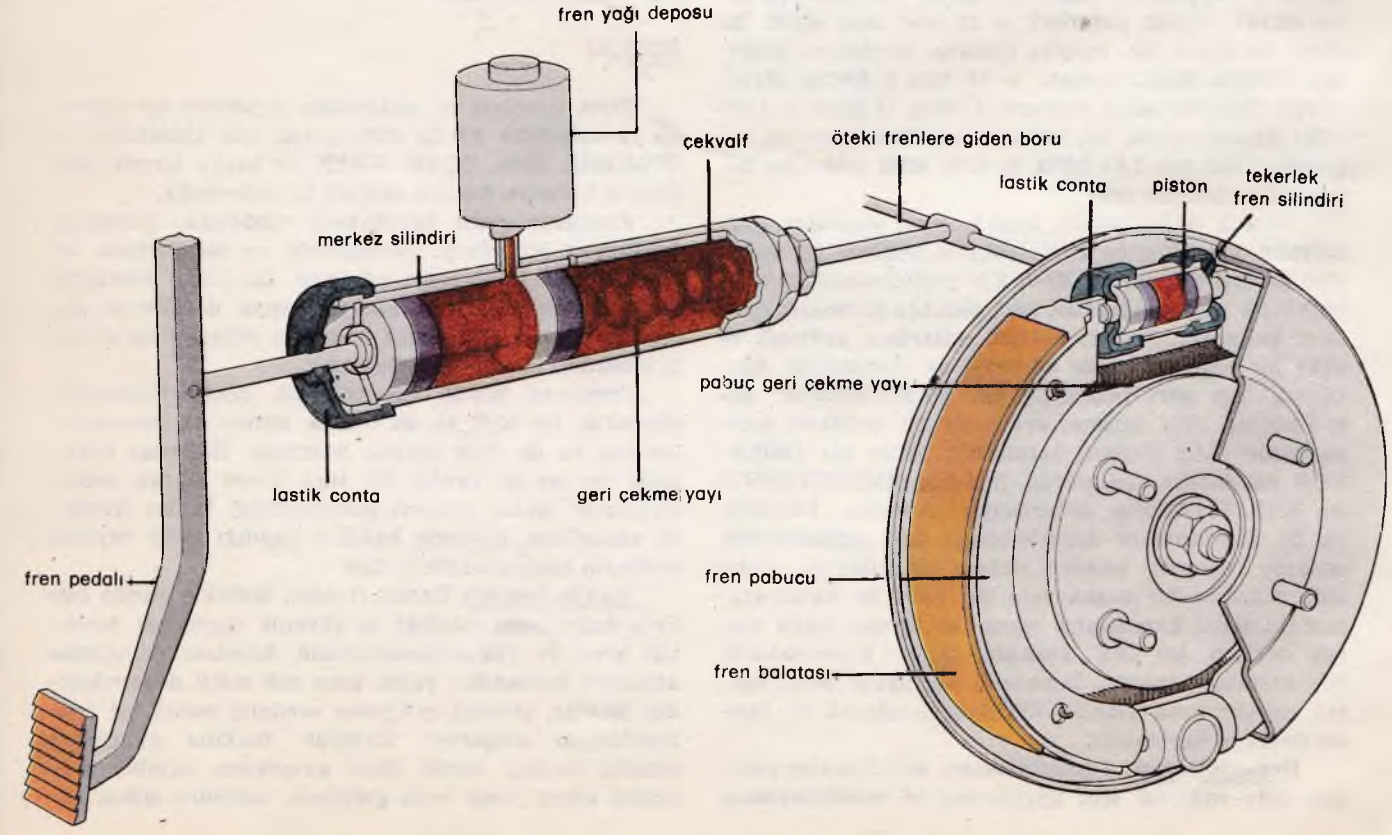
Bantlı freni gösteren çizimdeki (s.850) tambur, saat ibresi yönünde dönmektedir. Fren yapılınca, bu tambur, bandı da döndürmeye başlar. Böylece, bant daha da sıkışır ve frenleme etkisi oldukça büyür. «*Servo frenleme*» adı verilen bu olaydan, bazı otomobil frenleri gibi, birçok tip frende yararlanılır. Böylece, kısıtlı bir frenleme kuvvetine karşılık, büyük bir frenleme etkisi oluşur. Çizimde (s.850) görülen bantlı fren, ancak tambur saat ibresi yönünde döndüğü zaman, servofren olarak çalışır. Ters yönde dönerse, servo etkisi ortadan kalkar ve aynı frenleme etkisini elde etmek için, çok daha büyük bir kuvvet uygulanması gerekir.

Tamburlu (kampanalı) frenler: İçten sıkıştırmalı tamburlu frenlerde, hareketsiz bir yere takılmış olan iki fren pabucu, dönen tamburun iç yüzüne bastırarak, istenen frenleme kuvvetini sağlar. Bu pabuçların mekanik olarak çalışanları da vardır; ama günümüzde frenler, çoğunlukla hidrolik olarak ya da basınçlı havayla çalıştırılır. Bu tür frenler, en çok kamyonlarda, otobüslerde ve motosikletlerde kullanılır. Modern otomobillerde ise, yalnızca arka tekerleklerde bulunur.



İçten sıkıştırmalı tamburlu fren. (solda) Silindirin içindeki hidrolik basınç yükselince, birer uçları tutturulmuş olan iki fren pabucu, dönen tanburun iç yüzüne bastıracak biçimde itilir. Fren bırakıldığı zaman, yaylar, pabuçları geri çekerek, tamburdan ayırır.

İçten sıkıştırmalı tamburlu fren ile hidrolik sisteminin kesiti. (altta) Fren pedalına basıldığı zaman, merkez silindirdeki piston ileri doğru hareket eder ve artan basınç, bütün fren sistemine yayılır.

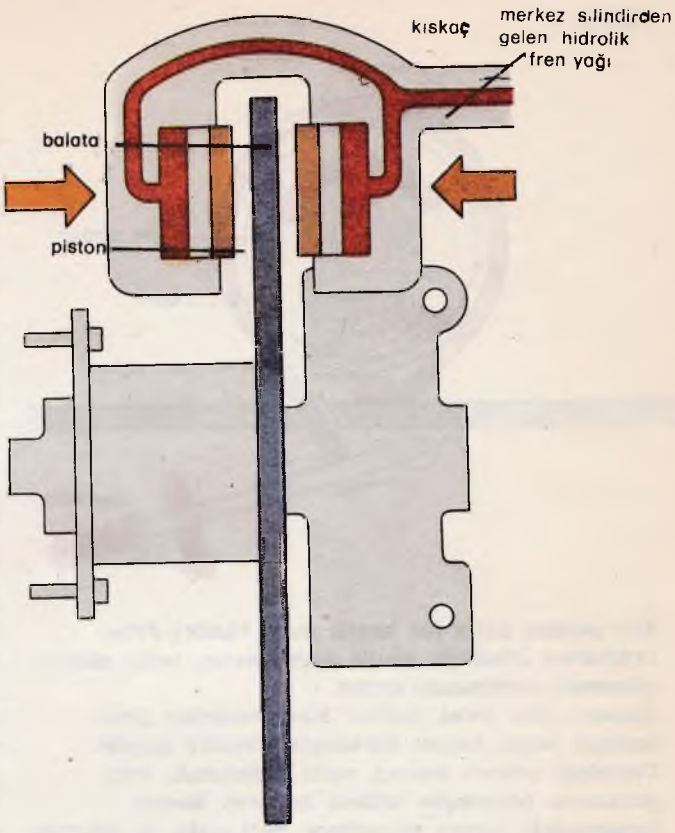


Metal fren tamburu, ısıyı kolayca dağıtır. Ayrıca, dış yüzeyinin kanatlarla büyütülmesi, bu özelliği olumlu yönde etkiler. Bununla birlikte, aşırı sıcaklıklarda, pabuçların etkisiyle oluşan kuvvetler, kırılma ve aşınmalara yolaçar. Servo tiplerin frenleme etkisi fazladır; ama yüksek çalışma sıcaklıklarında, sıcaklık yüzünden balata sürtünmesi azaldığından, etkileri de azalır. Tamburlu frenler, suya girdikten sonra, kısa bir süre için etkilerini yitirirler. Su birikintilerinden ya da sellerden geçen araçları dikkatli sürmek ve frenleri kuruyuncaya kadar sık sık, hafifçe frene basmak gerekir.

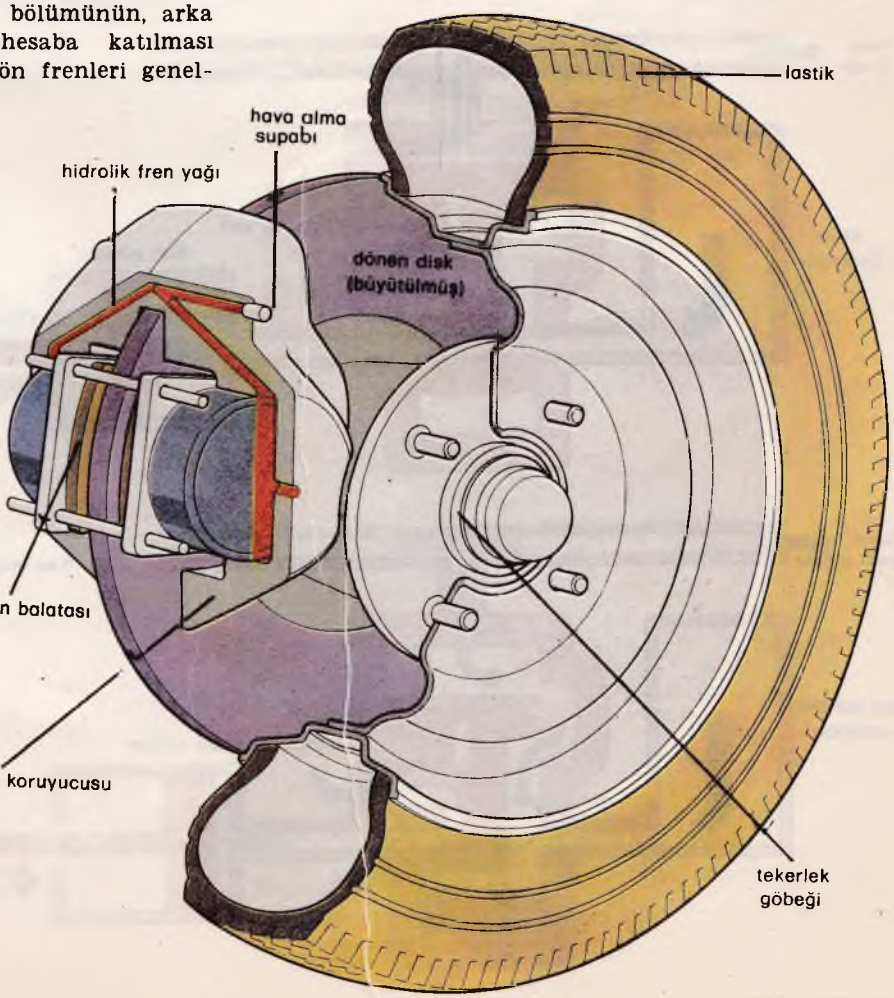
Karşı sayfada görülen tamburlu frende, pabuçlardan yalnızca biri servo türdendir. Buradaki tambur, saat ibresi yönünde dönerse, sağdaki fren pabucunu, iç yüze daha sıkı bastıracak biçimde sürükler ve frenleme etkisi artar. İkinci pabuç ise, tambur tarafından itilir ve bu yüzden frenleme etkisi azalır. Servo olarak çalışan pabuç, daha çok iş gördüğünden, daha çabuk aşınır.

Güç ve aşınma yönünden daha üstün olan, iki ya da daha çok servo pabuçlu tamburlu frenler de yapılmıştır. Çifte servo türlerde ise, yüksek verim sağlayacak biçimde birbirine bağlı, iki servo pabuç kullanılır.

Otomobil frenlerinin gücünün, aksların taşıdığı yüklere göre ayarlanması gerekir. Ayrıca, normal frenleme işlemi sırasında ağırlığın bir bölümünün, arka akstan ön aksa aktarıldığının da hesaba katılması gerekir. Bu yüzden, otomobillerin ön frenleri genel-

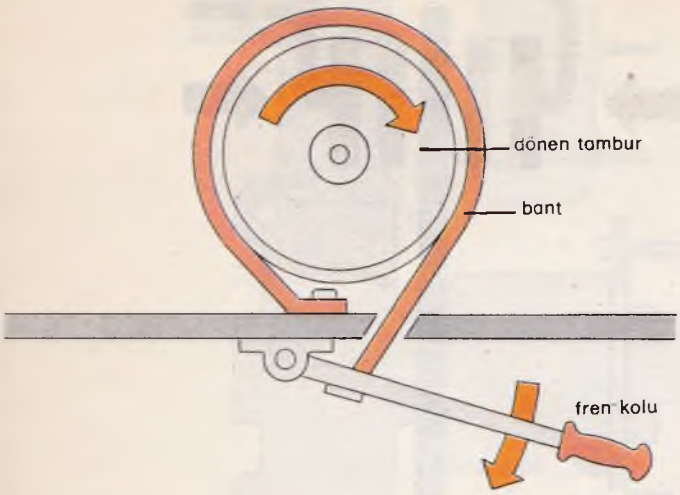


dönen disk (yandan görünüşü)



Disk frenin çalışması. (sağda üstte) Hidrolik basınçtaki artma, fren balatalarının, dönen diski kıskaç gibi sıkıştırmalarına yolaçar.

Disk fren ile koruyucu kılıf. (sağda) Kıskaç içinde kalan bölümü dışında, disk açıktır. Böylece, fren sırasında oluşan ısı, yüzeyden atmosfere yayılır. Belirli bir süre sonra, fren balataları ısınır ve değiştirilmeleri gerekir.



Elle çalışan yalın bir bantlı fren. (üstte) Fren, tamburun döndüğü yönde uygulanırsa, servo olarak çalışarak, sürtünmeyi artırır.

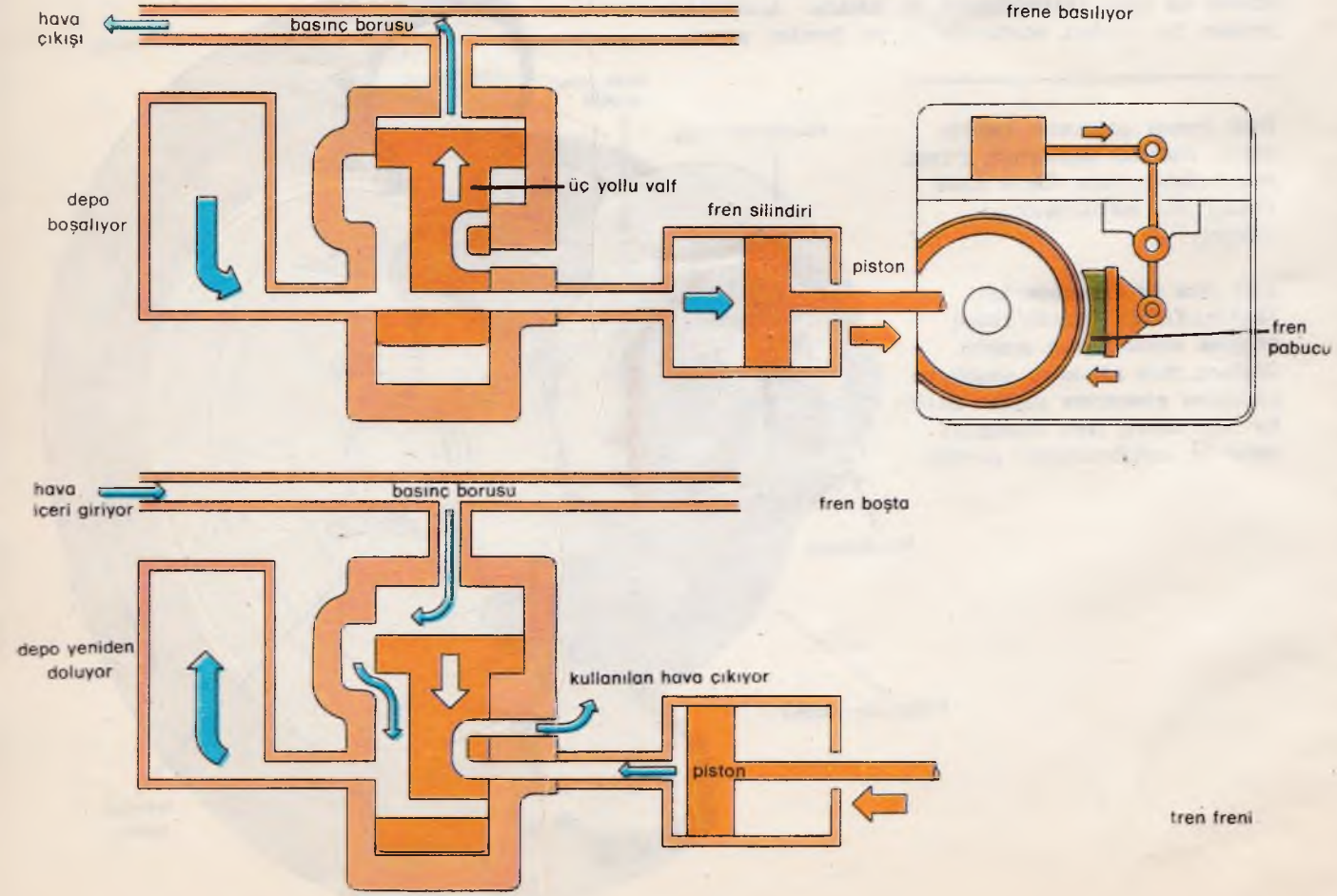
likle daha güçlü yapılır ve bunlarda daha çok enerji açığa çıktığından, tamburlu fren yerine, *disk* frenler kullanılır.

Disk frenler: Disk fren, iki fren balatası arasında sıkıştırılabilen, dönen bir diskten oluşur. BİSİKLET'lerdeki kıskaç fren, bu türlere örnek gösterilebilir. Otomobillerdeki disk frenlerin çoğu, hidrolik olarak çalışır ve balatalar, diskin kullanılan alanının altıda biri ile dokuzda birini kaplar. Disklerde aşınma, tamburlara oranla daha az olduğundan, disk frenler, çok daha yüksek sıcaklıklarda, etkilerini yitirmeden kullanılabilir.

Günümüzde disk frenler, otomobillerin ön tekerleklerinde kullanılmaktadır. Bunlar, belirli bir tekerlek büyüklüğü için, arka frenlerin iki katına yakın enerji yutabilir. Yüksek güçlü otomobillerde, bazen iki aksta da disk fren bulunur. Bazı TRAKTÖR'lerde de, balataları diskin bütün kullanılan alanına eşit büyüklükte, değişik bir disk fren türünden yararlanılır.

Alışılmış disk frenler, servo olarak çalışmaz. Gereken fren kuvvetini sağlamak için, yeterli yağ basıncı oluşturabilen büyük merkez silindirleriyle birlikte, çok büyük hidrolik pistonlar kullanma zorunluluğu doğar. Bu da genellikle, pedala aşırı güçle basmayı gerektireceğinden, sürücüye yardımcı olma amacıyla, disk frenli otomobillerin çoğunda frenler, SERVOME-

Basınçlı tren freni. (altta) Kompresörden gelen basınçlı hava, basınç borusuyla frenlere dağılır. Depodaki yüksek basınç, valfı kapatarak, fren pabucunu tekerleğin üstüne bastırır. Basınç borusundaki basınç yükselince, valf açılır ve tekerlek serbest kalır.



KANİZMA'lı yapılır. Servomekanizma, enerjisini, atmosfer ile KARBÜRATÖR arasındaki basınç farkından alır.

Bütün otomobillerde, mekanik olarak çalışan, bir el freni bulunur. El freni, çoğunlukla arka, bazen de ön tekerleklere bağlanır. Tamburlu frenlerde, el freni ile ayak freninin balataları aynıdır. Disk frenlerde ise, el frenleri, ayrı balatalara bağlıdır.

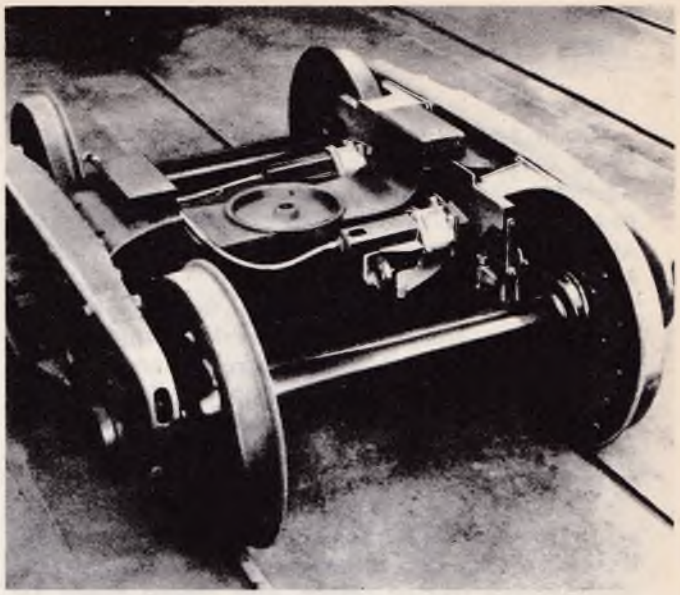
Uçaklarda disk frenler kullanılır. İlke olarak otomobillerdekine benzeyen bu frenlerin biçimleri farklıdır.

Tren frenleri: Lokomotif ve vagonlarda kullanılan geleneksel fren, dıştan sıkıştırmalı, tamburlu frendir. Bunlarda, tekerleklerin çelik yüzeylerine, pabuçlar bastırılır. Lokomotifte, her tekerlekte iki, vagonlarda ise, her tekerlekte bir pabuç bulunur. Aynı amaçla kullanılacak modern disk frenler de geliştirilmektedir. Frenleri çalıştıran düzenek oldukça karışıktır. Çünkü, frenlerin aynı anda bütün tekerlekleri birden etkilemesi ve sistemin herhangi bir yerinde bir bozukluk olduğu zaman, bütün frenlerin kendiliğinden harekete geçmesi gerekir. Bu sisteme «*otomatik kilitlenmeli*» sistem adı verilir.

Tren frenleri hidrolik değildir; genellikle basınçlı havayla çalışır. Basınçlı hava, makinistin denetimindeki bir KOMPRESÖR'le elde edilir ve bir boruyla trenin her yanına iletilir. Trene yolcu ve yük vagonları eklendiği zaman, bu borular da birbirine bağlanır.

Basınçlı hava, frenleri sıkıştıran piston ve silindiri doğrudan doğruya çalıştırmaz, üç yollu valfı olan bir silindirden ve bir hava deposundan geçer. Frenler kullanılmadığı zaman, depo (her fren için bir depo vardır), fren silindirine değil, basınçlı hava borusuna bağlıdır. Depodaki basınç da, borudaki yüksek basınca eşittir.

Fren yapıldığı zaman, borudaki basınç azalır ve silindirin içindeki yüksek basınç, pistonu yukarı doğru iter. Piston yükselince, depo ile fren silindiri arasındaki bağlantı borusu açılır ve depodaki hava, silindire dolarak freni çalıştırır.



Disk frenli bir boji. (sağda üstte) Eskiden, tekerleğin kenarına bastıran pabuçlar kullanılırdı. Günümüzde, bunların yerini, bakımı daha kolay ve ömürleri on kat daha uzun olan, disk frenler almıştır. Bu sistem, 25 ton aks yükü ve saatte 100 km'ye kadar olan hızlar için hazırlanmıştır.

Otomatik kilitlemeli sistemde, trenin fren düzenekleri birbirine bağlanır ve herhangi bir noktadaki basınç yitimi, bütün frenleri çalıştırır. Resimde (sağda ortada), frenlere kumanda eden basınç borusunun, iki vagon arasındaki ek yeri görülmektedir.

Süper VC10 uçağının çok diskli freni. (sağda altta) Uçak frenlerinin olağanüstü kuvvetler oluşturması ve motorların «geri itmesiyle» birlikte, uçağın denetim altında kalmasını sağlaması gerekir.

Fren boşaltılmak istendiği zaman, borudan basınçlı hava gönderilerek, piston geri itilir. Bu işlem sonunda, silindirdeki boşaltma yolu açılır ve basınçlı hava dışarı atılarak, frenler eski durumuna döner. Aynı zamanda depo, bir sonraki fren işlemi için, basınçlı borudan gelen havayla dolar.

Basınçlı hava borusu patlarsa, ortaya çıkan basınç düşmesi, trendeki bütün frenleri çalıştırır. İmdat kolunun çekilmesi de, aynı borudaki bir valfı açarak, borunun basıncının düşmesine yolaçar ve frenler otomatik olarak harekete geçer. Basınçlı hava veren kompresör, durur ya da bozulursa, frenler gene kendiliğinden çalışır.

Bu tür frenler, bulucusunun adıyla (Westinghouse) tanınır. Bazı eski trenlerde, «vakum freni» adı verilen, bir başka fren türü de kullanılır. Vakum freni, Westinghouse frenine benzer, ama tersine çalışır. Üç yollu valf, ters yönde hareket eder. Basınçlı boruda değişmez bir düşük basınç vardır ve fren, boruya hava dolduğu zaman çalışır. Borunun kopması, imdat kolunun çekilmesi ve vakum pompasının bozulması da, boruya hava dolmasına yolaçacağından, freni çalıştırır. Vakumlu sistem, basınçlı tür kadar güvenlidir.

Fren yapımında kullanılan maddeler: Frenlerin sürtünen yüzeylerinin, yeterince SÜRTÜNME sağlayacak bir maddeden yapılması gerekir. Ayrıca bu parçalar, kullanma alanlarına uygun dayanıklılıkta olmalıdır. En iyi sonuçlar, hareketli parça metalden, hareketsiz parça da, daha çabuk aşınan ve kolayca değiştirilebilen, sürtünmesi yüksek bir metal alaşımından yapıldığı zaman alınmaktadır.

Genel amaçlarla kullanılan tamburlu ve disk frenlerde, metal yüzey için en ucuz ve her açıdan en uygun malzeme, dökme demirdir. Daha iyi ısı iletimi sağlama amacıyla, gövdesi hafif bir alaşımdan, kaplaması ise dökme demirden tamburlar yapılıp (ama, bunlar daha pahalıdır) disklerin içine hava kanalları açılır.

Genel amaçlarla kullanılan balatalar, ASBEST lifi, metal tanecikleri ve metal olmayan bileşenlerden oluşan bir karışımdan yapılır. Bunlar ısıya dayanıklı, sentetik bir reçineyle birleştirilir. Tren frenlerinde, çoğunlukla dökme demirden, bazen de alaşımdan yapılmış pabuçlar, disk frenlerdeyse, yalnızca alaşım pabuçlar kullanılır. Uçak frenlerinde de, bir anda oluşan çok yüksek sıcaklıklara dayanan, sürtünmesi yüksek seramikler kullanılır.

Öteki fren türleri: Bazı elektrikli trenler ile tramvaylarda, bir anahtar yardımıyla motorun bağlantısını değiştirerek, jeneratör olarak çalışmasını sağlayan ek frenler bulunur (elektrik motoru ile jeneratör, ilke olarak aynı aygıttır; yalnız, birincisi güç tüketerek iş görür, ikincisiyse, iş alarak güç üretir). Jeneratörü çalıştırmaya harcanan kuvvet, aracı yavaşlatır. Üretilen elektrik, daha sonra kullanılmak için bir akümülatörde toplanır. Bu sisteme *«rejeneratif frenleme»* (üretken frenleme) adı verilir.

Uçakları havada yavaşlatmak için, «hava freni» kullanılır. Hava frenleri, kanatların üstünde ve altında dikey olarak açılarak, havanın düzgün akışını engelleyen ve uçağın aerodinamik biçimini bozan düzeneklerdir. Uçağın hareketini sağlayan enerji, aracı çevreleyen havada oluşan girdaplara harcanır ve araç yavaşlar.

İniş sırasında motorların «geri itme» gücü, te-

1920'lerde Rickenbacker marka bir otomobile takılan dört tekerlek freninin gücünü gösteren, alışılmamış bir deney. Los Angeles'li bir otomobil satıcısı, aracı, merdivenlerden aşağı indirirken, merdivenin tam ortasında, frene basarak durdurmuştur.

kerleklerdeki frenlere yardımcı olur. Pervaneli uçaklarda, pervaneler, havayı çekecek yerde, itecek yönde döndürülür; jet uçaklarındaysa, motordan geçen havayı, yeniden gidiş doğrultusuna çeviren kapaklar kullanılır. Böylece uçak, geri doğru itilir ve yavaşlar. Yüksek performanslı bazı uçaklarda da, iniş sırasında aracı yavaşlatan bir PARAŞÜT açılır.

FRESNEL MERCEĞİ

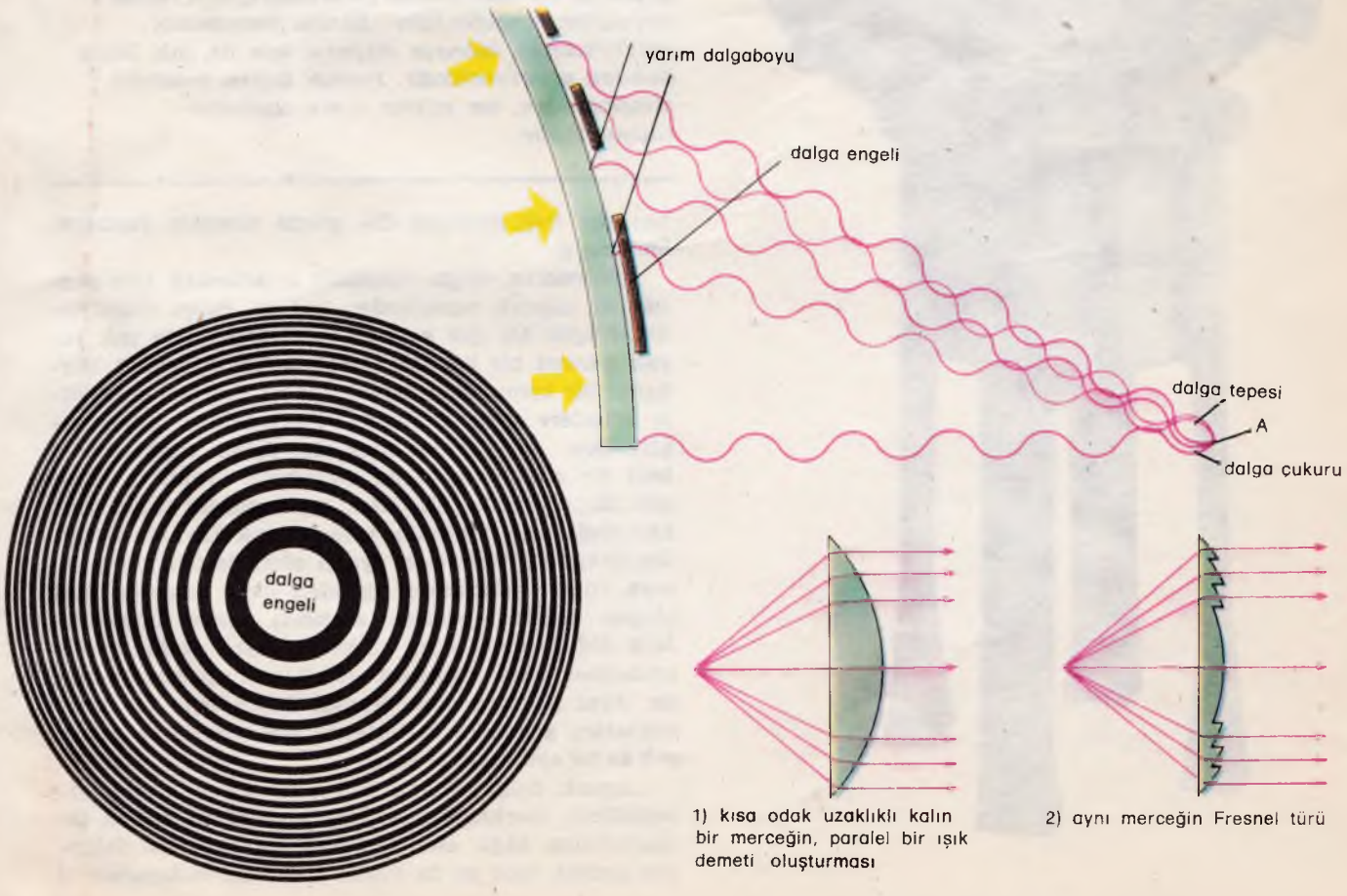
Augustin Fresnel (1788-1827), optik alanında pek çok buluş yapmış bir Fransız bilim adamıdır. En önemli başarısıysa, çok ince bir MERCEK geliştirmiş olmasıdır.

Bazı durumlarda, bir lambadan çıkan ışığın aşağı yukarı tümünü, paralel bir ışık demeti halinde verebilecek merceklere gereksinim duyulur. Bunlara örnek olarak deniz fenerleri (Bk. DENİZ FENERİ VE FENER GEMİSİ), fotoğraf büyütücüleri, otomobil farları ve demiryolu sinyal lambaları gösterilebilir. Bu aygıtlarda, ışık kaynağının hem merceğin yakınına (ışığın bütününe yakın bölümünün toplanması için), hem de mercek odağına (paralel ışık çıkışı için) yerleştirilmesi gerekir (Bk. OPTİK). Bu koşullara uyacak merceğin, odak uzaklığının kısa olması zorunludur; bu da, ancak kalınlığın artmasıyla sağlanır. Augustin Fresnel, ışığı kıran yüzeyin biçimini değiştirmeksizin, bir mercekten silindirsi bölümler çıkararak, hem ağırlık hem de kalınlık bakımından, önemli kazançlar sağlanabileceğini düşündü. Ayrıca, bu düzenlemenin kenarlarına prizmalar yerleştirilerek, merceğin daha çok ışık alması sağlanabilirdi.

Mühendislik eğitimi görmüş olan Fresnel, optiğe daha çok ilgi duymuş ve özellikle ışığın DALGA HAREKETİ olarak anlaşılmasına katkıda bulunmuştur. Işığın dalga yapısını yansıtabilmesi açısından, daha çok, bir engel çevresinde girişen ya da bükülen dalgaların bükülümü, KIRINMA'sı, «*girişim*»i gibi özelliklerine dayalı deneylere ağırlık vermiştir. Çağdaş ışık dalga modelinin kurucusu Thomas Young, Fresnel'den bağımsız olarak, 1815'te girişim olayını açıklamıştı. 1818 ve 1819'da Fresnel, dalga optiğiyle ilgili birçok matematik kuramı geliştirdi ve Young'dan bağımsız olarak, ışığın enine bir dalga olduğunu,

---

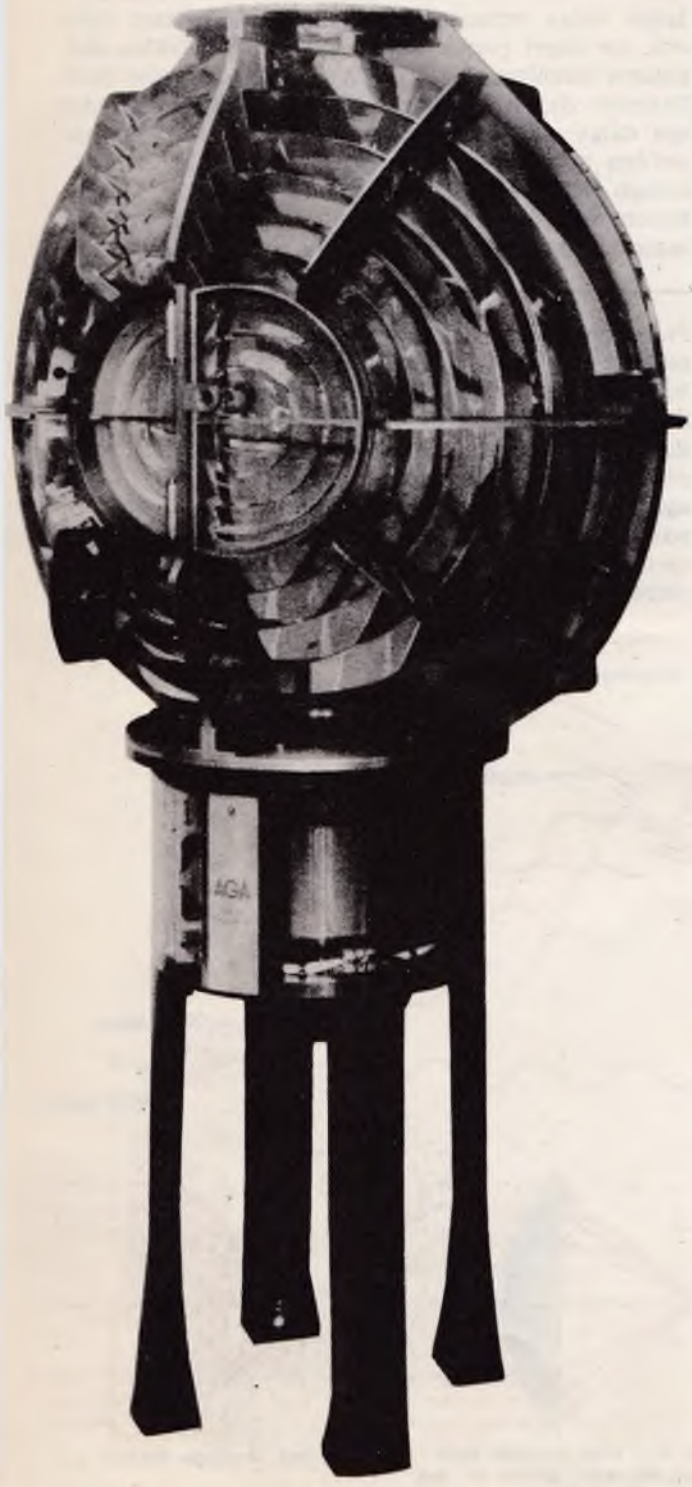
Fresnel'in dalga engeli ve merceği. (altta) Engel plakaları, A noktasından bakıldığında, eşit alanlar kaplayan ve sırasıyla, bir parlak, bir karanlık bölgenin görülebileceği biçimde çizilmiştir. Bu durumda, plakadan geçecek faz dışı dalgalar (noktalı gösterilmiştir) önlenecek, A noktasına yalnızca, aynı fazdaki dalgalar ulaşabilecektir. Altta, odak noktasında, bir ışık kaynağı bulunan normal mercek ile bir Fresnel merceğinin ışık dağıtım çizimleri verilmiştir.



1) kısa odak uzaklıklı kalın bir merceğin, paralel bir ışık demeti oluşturması

2) aynı merceğin Fresnel türü

Deniz fenerlerinde (altta), elden geldiğince çok miktarda ışığın, keskin bir ışık demetine dönüştürülmesi gerekir. Bu, Fresnel mercek sistemiyle sağlanır. Bu sistemle birlikte, çeşitli doğrultulardan gelen ışığı toplayan, kırıcı prizmalar da kullanılır.



Cam filtreli tiyatro spotunun (üstte) biçimi, yayınmış bir ışık beneği yaratmak için, Fresnel merceğine benzetilmiştir. Lamba filamanının görüntüsünün sahneye düşmesi için de, ışık, buzlu camdan geçirilmektedir. Fresnel biçimi kusursuz olmadığından, bir miktar ışığın saçılması kaçınılmazdır.

yayılma doğrultusuna dik yönde titreşim yaptığını, öne sürdü.

Fresnel'in, dalga etkilerini kanıtlamak için yaptığı en başarılı deneylerden biri de, dalga engelleridir. Küçük bir ışık kaynağı, her doğrultuda ışık yayan küresel bir kaynak olarak kabul edilebilir. Herhangi bir konumdaki dalga cephesi, dairesel engellerle bölgelere ayrıştırılabilir. Birbiri ardına gelen engellerden her birinin merkezi, dalga cephesindeki belli bir noktadan, yarım dalgaboyu uzaklıkta bulunur. Bu durumda, ilk dalga cephesindeki engel aralıklarında, her noktanın, yeni bir ışık kaynağı haline dönüştüğünü düşünmek uygun olur. Seçilen bir noktaya, engel aralıklarının birinden çıkan dalganın tepe bölgesi ulaşırsa, bölgeler arasında yarım dalgaboyu fark olduğundan, aynı noktaya, aynı anda, bitişik aralardan çıkan dalganın en alt noktası raslayacaktır. Aynı noktaya aynı oranda düşen tepe ve çukur noktaları, genellikle birbirlerini yok ederler ve geriye pek az bir aydınlanma kalır.

Ancak, dalga cephesi önüne gerçek bir engel yerleştirilirse, merkezdeki aralığın açık ya da kapalı bırakılmasına bağlı olarak, belirli bir noktaya dalganın ardışık tepe ya da çukur noktaları raslayacak ve

bölgesel engelin kullanılmadığı duruma oranla, çok daha parlak bir ışık beneğinin elde edilmesini sağlayacaktır. Parlak benek, ışık kaynağının bir görüntüsü olarak kabul edildiğine göre, engel, kabaca bir mercek gibi görev yapmaktadır. Işık kaynağı önüne küçük bir cisim yerleştirilirse, bu cismin zayıf bir görüntüsü elde edilebilir. Dalgaboyu çok küçük olan X ışınlarının, mercekle ya da elektronik yollarla odaklanması olanaksızdır; buna karşılık, engel plakaları, son yıllarda bu alanda da başarıyla kullanılmaktadır.

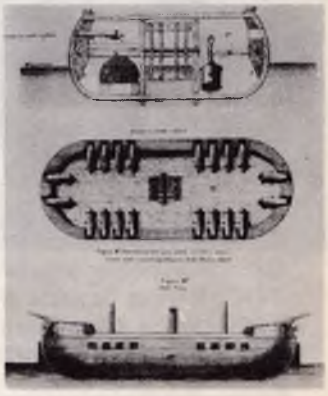
FULTON, ROBERT (1765-1815)

Buharlı geminin geliştirilmesine öncülük eden Robert Fulton, 1765'te, Pennsylvania'da (A.B.D.) doğdu. Aynı yıl, James WATT, buharlı geminin verimini artıran kondansatör için patent almıştı.

Fulton, 14 yaşındayken, balık tutmak için kullandığı, yandan çarklı, elle çalışan bir sandal yaptı. Ama resme yönelerek, minyatür portre ressamı olarak ün saldı. 1787'de İngiltere'ye giderek, yapıtlarını Kralık Akademisi'nde sergiledi.

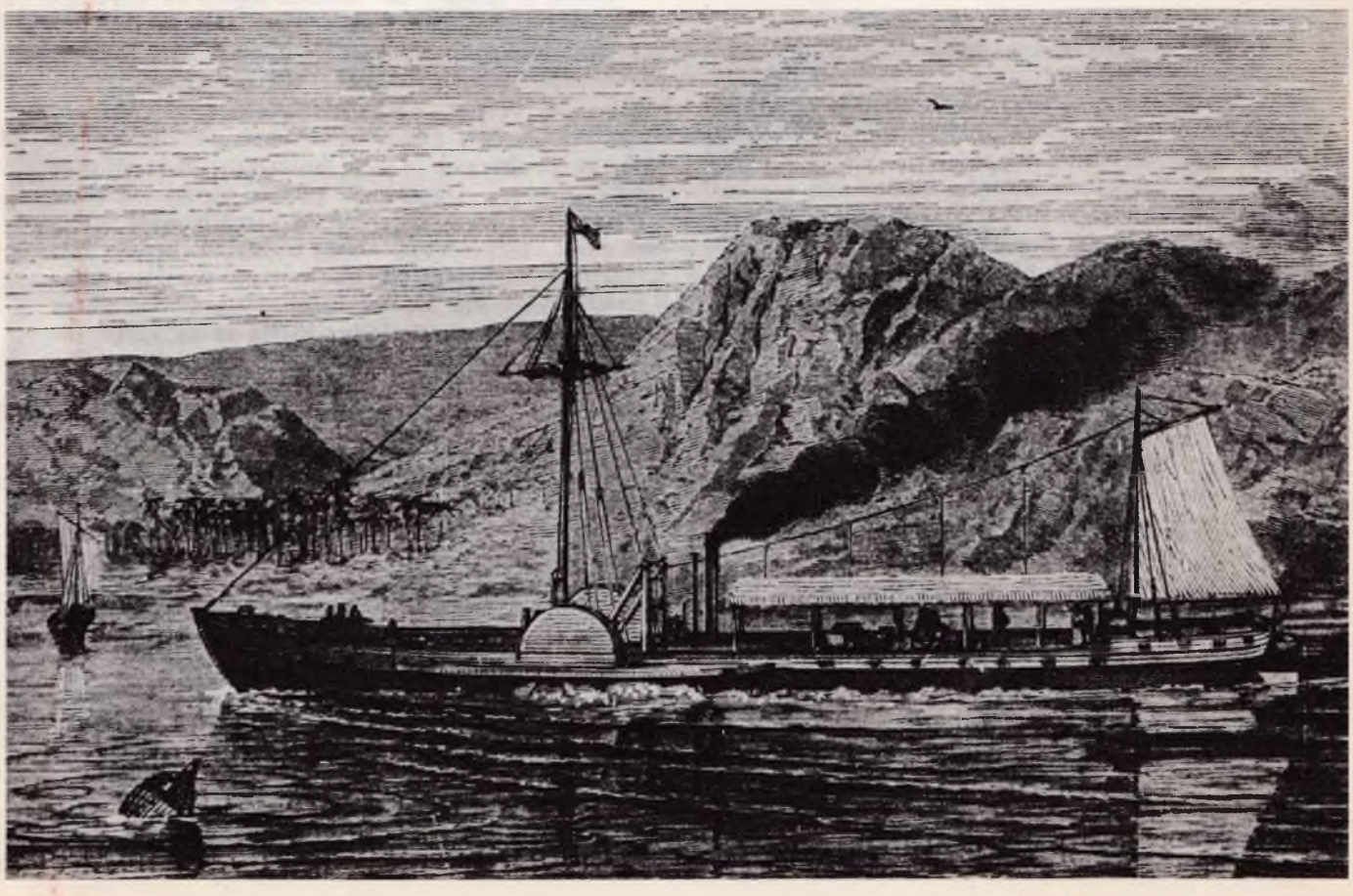
Bir süre sonra, resim yapmaktan vazgeçip, çalışmalarını EKLÜZ SİSTEMLERİ'nin elverişli olmadığı arazilerde, KANAL yapımıyla ilgili sorunlar üstünde yoğunlaştırdı. 1796'da *Kanallarda Denizciliğin Geliştirilmesi Konusunda Bilimsel Çalışma* adlı kitabını yayımladı. Bu yapıtında, eklüzler yerine, eğik düzlemlerin kullanılmasını ve ara kanalların yapımını savunuyordu. Eğik düzlemler için geliştirdiği çizim, raylar üstünde çalışan kızaklara asılı iki sandal gerektiriyordu. Yukarı çıkan sandal, aşağı inen sandalla dengeleniyordu.

1791'de Fransa'ya geçen Fulton, su altında patlayan barut üstünde çalıştı. «*Nautilus*» adını verdiği, torpil taşıyan ilk DENİZALTI'yı yaptı ve bu aracı, 7,5 m derinlikte denedi. Eski bir gemiyi, altına TORPİDO bağlayarak uçurdu. Napolyon, bu deneylere ilgi gösterdi; ama Fransız hükümeti, Fulton'un söz konusu



Buharla çalışan ilk savaş gemisi Demologus*'un planları. (sağda) Güvertesi 43 m uzunluğunda, 7 m genişliğindeydi ve 20 top taşıyordu.*

1807'de ticari alanda başarı sağlayan Clermont *gemisi. Resim (altta), 1870'te Fransa'da basılmış bir kitaptan alınmıştır.*



Buharlı geminin geliştirilmesine öncülük eden ve XIX. yüzyılın başında New York'ta ortağı Livingston'la ilk buharlı gemi taşımacılığı yapan, Robert Fulton'un portresi.

silahları geliştirme önerisini geri çevirdi.

Fulton, bundan sonra, denizcilikte buhar gücü kullanma sorununu araştırmaya başladı. Buhar makinasının daha önceki gelişmesiyle ilgili bilgileri toplayarak, eski buhar gemisi çizimlerinin başarısızlıklarının nedenini buldu: Makinaların çok ağır olması yüzünden, teknelerde yolcular ve yük için yer kalmıyordu. Buharlı gemi deneyleri için gerekli parasal kaynağı, A.B.D. elçisi Robert Livingston (1746-1815) karşıladı. Livingston, buharlı gemiler üstünde çalışmış, ama deneyleri başarısızlıkla sonuçlanmış amatör bir mühendisti. New York eyaletinde, bütün su yollarında, yirmi yıl boyunca buhar ya da ateşle tahrik edilen gemileri çalıştırmak için, yalnız kendisine yetki veren yasayı çıkartmayı başardı. 1802'de, Fulton'la bir ortaklık kurdu.

Fulton, çeşitli çarklar ve uskur pervanelerle, deneyler yaptı; sonunda, buharlı gemilerde «kanatlı çarklar»ı kullanmaya karar verdi. 9 Ağustos 1803'te A.B.D'li Joel Barlow'un çizdiği, odunla ısıtılan, alçakbasınçlı kazanı kullanarak, Sen ırmağı üstünde başarılı bir deney yaptı.

Fulton 1804'te İngiltere'ye dönerek, torpido ve denizaltıyla ilgili tasarılarını, Fransızlara karşı kullanılmaları için İngiliz Deniz Kuvvetleri'ne satmaya çalıştı; ama başarılı olamadı. Fulton ve Livingston, 61 cm çapında, 1 m stroklu bir buhar silindiri yaptırıp, 1806'da A.B.D'ne döndüler; New York'lu Charles Browne'ın yaptığı *Clermont* adlı gemiye, bu motoru monte ettiler.

Clermont, 40 m uzunluğunda, 4 m genişliğinde, 2 m derinliğindeydi ve 60 santimetrelik su kesimi yüksekliği vardı. 20 beygirgücündeki motoru, 4,25 m'lik iki kanatlı çarkı çalıştırıyordu. Kollu krankları, alın dişlileri ve volanı, Fulton tarafından çizilip yapılmıştı.

Clermont, Hudson ırmağı üstünde, New York'tan Albany'ye ilk yolculuğuna çıktı. 240 km olan yolculuk, 32 saat sürdü. 4 Eylül 1807'de ilk ticari yolculuğunu yapan tekne, yedi yıl boyunca «posta gemisi» olarak çalıştı.

Fulton'un son başarısı, dünyanın ilk buharlı savaş gemisi olan *Demologus*'tur. Önce «*Fulton I*» diye adlandırılan bu gemi, kıyı korumada ve İngilizlerin A.B.D'ne uyguladığı ablukayı kırmak için tasarlanmıştı. Gemi, Fulton'un ölümünden bir yıl önce denendi; ama suya indirilmeden savaş bitti.

FÜZE

Güdümlü füze, insansız olarak, kendiliğinden uçan ve tahrip edici bir yük (patlayıcı) taşıyan bir araç ya da silahtır. Bu tür füzeler, uzaktan kumandayla yönetilebildikleri gibi, kendiliklerinden de, daha önce seçilmiş hedefleri bulabilirler. Amacı ne olursa olsun füze, şu parçalardan oluşur: Üstünde kanat ya da kanatçıklar bulunan (ya da bulunmayan) gövde; motor; denetim sistemi; güdüm sistemi; savaş başlığı.

Gövde ve motor: Bir füzenin biçimi ve büyüklüğü, menziline ve motorunun tipine bağlıdır. En büyük tip, *kıtalararası balistik füzeler*dir. Uçuş menzili 8 000 km'yi aşan ve yaklaşık 1 600 km yüksekliğe çıkabilen bu füzeler, çokkademeli roket motorlarıyla donatılmıştır. Sıvı yakıtlı motorların silindir biçimli tankları ya da katı yakıtlı motorların gene silindir biçimli yuvaları, füzenin de silindir biçimli olmasını gerektirir. Ayrı ayrı parçalardan yapılan yakıt tankları, yakıt bittikçe atılıp, savaş başlığının hedefe yalnız ulaşmasını sağlar. Büyük füzelerin uçuşları, aerodinamik yüzeylerin hiç bir önem taşımadığı atmosfer dışında olduğundan, üstlerine kanat ya da kanatçıklar takılmaz. Roket gövdesinde genellikle, ısıl işlemle sertleştirilmiş çelik alaşımları, yüksek dirençli alüminyum alaşımları ve fiberglas (cam elyafı) gibi malzemeler kullanılır.

Hava karışımlı yakıt yakan değişmez uçuş hızlı füze (*cruise* füzeleri), atmosfer içinde uçacak biçimde yapılmıştır. Bunlar ramjet ya da türbojet motorlardan güç alır (Bk. JET MOTORU VE GAZ TÜRBİNİ). Bu füzelerde, motorlar için gerekli havayı sağlayan hava girişleri ile uçuşta dengeyi sağlayacak kanat ya da kanatçıklar bulunur. Bu nedenle, *cruise* füzelerin dış görünüşü genellikle, pilotlu UÇAK'lara benzer. Bunların ilk ve en ünlü örneği, İkinci Dünya savaşında kullanılmış olan V-1 uçan BOMBA'lardır.

Öteki füzelerin de çoğunun gövdesi, üstünde kanatlar bulunan uzun silindir biçimindedir. Kanatçıklar, bazı tiplerde burunda olur; ama genellikle kuyruğa takılır. Kanatlar, füzenin en yüksek hızına bağlı olarak, dikey, geriye doğru eğimli ya da delta kanat

olabilir ve bazı durumlarda, uçak kanatları gibi, *kiriş* ve *nervür*lerle donatılır. Füze rampasından ya da uçağın bomba kapağından atılan füzelerin, kanatları yaylıdır: Atılmadan önce gövde çevresinde katlı ya da yatık duran kanatlar, atılıp uçuşa başladıktan sonra açılır.

Katı yakıt kullanan roket motorları, özellikle ramjet ya da türbojet motorları, yüksek bir atış hızı sağlama amacıyla, çoğunlukla füzenin gövdesine bağlanır. İlk hızı veren bu roketler, yakıtları bitince atılır.

Denetim sistemi: Atmosfer içinde görev yapan füzelerde elektrik, hidrolik ya da pnömatik güçlerle çalıştırılan, aerodinamik kumanda yüzeyleri (Bk. AEROFOİL) kullanılır. Bu amaçla daha çok, hareketli kanatlardan ya da kanatçıklardan yararlanılır. Ama bazı füzelerde, ya üstünde kanatlar bulunan «*elevon*»lar (bütünüyle hareket eden denetim yüzeyleri), ya hareketli dikey ve yatay kuyruk yüzeyleri ya da ikisi birlikte kullanılır.

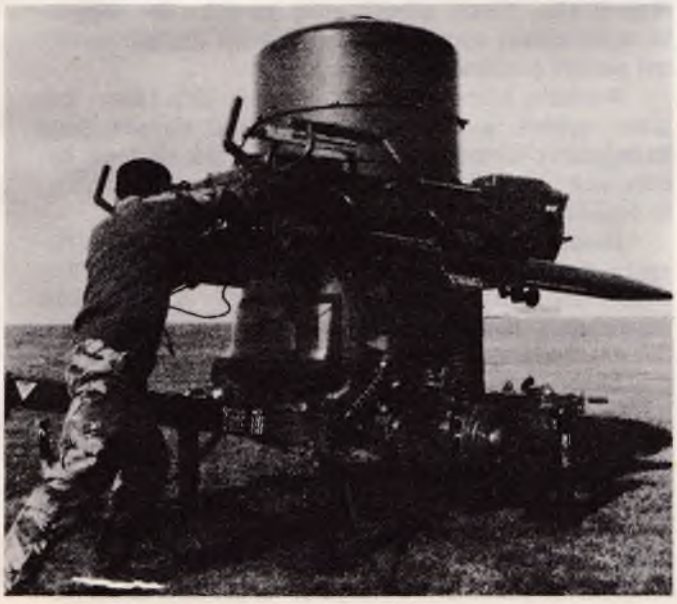
Aerodinamik kumanda sisteminin yerini alabilen bir başka seçenek, *yönlendirilmiş itme* sistemidir. Bu sistem, hem atmosferde, hem de uzayda etkili olmaktadır. Kıtalararası balistik füzeler gibi büyük füzelerde, roket motorlarının memeleri hareketli yapılır ve itiş gücünün yön değiştirmesiyle, füzenin yönlendirilmesi sağlanır. Memenin iç çeperlerinin bir yanına sıvı enjeksiyonuyla da, güç yönünün değiştirilmesi sağlanabilir. Eklemli «semaforlar» kullanılan bu teknik, özellikle yüksek manevra yeteneği gerektiren, kısa menzilli, havadan-havaya (uçaktan uçağa) füzelerde çok yararlı olmaktadır.

Güdüm sistemi: Bir füzenin en önemli parçası, istenen hedefe gitmesini sağlayan donatımdır. Bazı güdüm sistemleri, kendiliklerinden çalışır ve düşmanın elektronik saptırmalarından pek etkilenmez. Bazı sistemlerse, uçuş sırasında sürekli denetim ve baş düzeltmeleri gerektirir.

Kısa menzilli füzelerde kullanılan en yalın güdüm sistemi, telli güdümdür. Bu sistemde füze, bobinlerin açılmasıyla uzayıp, sürekli denetim bölümüne bağlı kalan ince tellerle gönderilen, elektrik sinyalleriyle yönetilir. Ama menzil 3-4 km'yi geçemez ve denetimi yürüten kişinin hem füzeyi, hem de hedefi görmesi gerekir. Füzenin üstüne takılan işaret fişeklerinin uçuş sırasında çıkardığı izler, engebeli arazide ve görüş uzaklığının düştüğü hava koşullarında da füzenin izlenebilmesini sağlar.

Telli güdüm sisteminden biraz daha pahalı ve karmaşık olan bir başka güdüm sistemi, radyo sinyalleri aracılığıyla yapılan «*radyo kumanda sistemi*»dir. Ne var ki, bu sistemde, düşmanın füzeyi engelleme ve saptırma olanağı artar. Bu nedenle, önceden belirlenen bir radyo frekansı füze elektronik sistemine verilerek, füzenin, bu frekans dışındaki frekanslardan etkilenmemesi sağlanır. Füzeye ayrıca, elekt-

McDonnell Douglas XM-47 Dragon tanksavar roketinin atılışı. (sağda) Dragonun ve atış donatımının ağırlığı 12,3 kg'dır ve bir kişi tarafından taşınabilmektedir. Bu küçük füzenin güdümü, telli olarak yapılmaktadır.
Bir BAC Rapier yerden-havaya füze rampası. (altta) Rapier, alçak uçuş yapan uçaklara karşı kullanılır. Roket, hedefe ya optik nişangahla atılır ya da radar izlemeyle yönlendirilir.



Genie havadan-havaya füzesi atan bir F-101B av uçağı. (üstte) Genie füzesinin boyu 2,9 m, katı yakıt roketiyle menzili 10 km'dir.
Yeraltı rampasından atılan bir Minuteman kıtalararası balistik füzesi. (solda) Halka biçimli duman bulutu, ateşlemeden sonra füze ile rampa duvarı arasından geçen egzoz gazından oluşmuştur.

ronik saptırma ve önlemeyi ortadan kaldıracak başka bazı donanımlar da takılabilmektedir.

Füzenin gözle görülmeyecek kadar uzakta bulunan bir hedefe gönderilmesi durumunda, televizyon ekranına benzeyen bir katot ışını ekranı kullanılır. Böylece füze, uçuşu sırasında radarla izlenebilir ve ekran üstündeki yansıması, hedefe yöneltilebilir. Füzenin burnuna takılan küçük bir TV kamerası da, hedefin tam olarak bulunmasını sağlar. Füze hedefe yaklaştıkça, atış uzmanı, hedef bölgesinin bir görüntüsünü alıp, füzeyi gerekli yöne yöneltir. Bu teknikle, uçaklardaki atış subayları, füzenin hiç görmedikleri yerlere çarpmasını sağlayabilirler.

Sistemin önemli üstünlüklerinden biri, füzeyi fırlatan uçağın, atışını yaptıktan sonra, havada fazla kalmayarak üssüne dönebilmesidir. Uçak böylece, hedefe yakın uçaksavarların menziline girmeden, atışını yapabilir.

Başka bir TV güdüm sisteminde de, kamera, füzenin fırlatılışından önce hedefe «kilitlenir» ve füze atıldıktan sonra, içindeki elektronik donanımların yardımıyla, kameranın «kilitlenmiş» bulunduğu hedef noktasına doğru uçar.

Gece ve kötü hava koşullarında işlevini sürdürdüğü ve istendiğinde elle güdüm gereksinimini ortadan kaldırdığı için, radar izleme, yerden-havaya (uçaksavar) füzelerde çok kullanılmaktadır. Otomatik sistemde, biri hedefi, ikincisi de füzeyi izleyecek iki radar gereklidir. Radarla alınıp bir bilgisayara verilen hedef bilgileri, füzeye gönderilir; füze de, elektronik donanımının bu bilgileri değerlendirmesi so-

Ağır topçu ateşi yerine yakın destek için kulanılan bir Honest John taktik yerden-yere füzesi. (üstte) Füzenin boyu 7,6 m, menzili 37 km'dir.

İki kademeli katı yakıt roket motorlu ve nükleer başlık taşıyan Poseidon füzesinin, bir denizaltıdan atılışı. (sağda) Füzenin menzili 4 800 km'dir.

nucu hedefi yakalar. Bu sistem, «*radarlı denetim*» sistemi diye tanımlanmaktadır.

Radar sinyalli güdümde, bir tek radar yeterli olmaktadır. Bu sistemde, radar hedefe kilitlendikten sonra, fırlatılan füze, radar sinyalini izleyerek hedefe yönelir. *Yarı etkin hedef güdümü* sistemi de, bu güdüm sistemine benzer. Ama bunda hedefin yeri, üstüne gelen radar sinyallerinin geriye yansımasıyla belirlenir. Füze, yansıyan sinyallerin çıkış noktasına doğru uçarak, hedefi bulur. *Etkin hedef güdümü* sistemindeyse, füze, yer ya da uçak radarlarından bağımsız olarak, kendisi sinyal gönderip alır.

Etkin hedef güdümlü sistem kullanan füzeler, çok büyük ve karmaşıktır. Hiç bir yayın donatımı gerektirmeyen *edilgen hedef güdümlü* sistemli füzelerse, daha yalın yapıdadır. Bunların bir örneği olan kızılaltı ısı arayıcı başlıklı füzeler, jet uçaklarının egzoz çıkışlarını (birer ısı kaynağı olduklarından) bulur ve onlara doğru yönelirler. Başka bir hedef güdümlü teknik de, lazer ışınlarından yararlanma yöntemidir. Hızla değişen bir çatışma ortamında, bu yöntem çok etkili olmaktadır: Yerde, ya da uçakta bulunan bir atış uzmanı, bulduğu hedefin üstüne lazer ışını yöneltir: füze, hedeften yansıyan lazer ışınlarını bulur.

Hedef bulma yöntemlerinin en gelişmişi, füzenin içinde bulunan, hatasız çalışan ve düşman saptırmalarından etkilenmeyen *cayro güdüm* sistemidir. Bu sistemde, füzenin uçuşu sırasında ortaya çıkacak en küçük yön değişikliklerini ölçebilen CAYROSKOP'lar

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

ve İVMEÖLÇER'ler vardır. Füzenin yönü, küçük bir değişiklik nedeniyle saptığında, güdüm sistemi kumanda yüzeylerini hareket ettirerek, füzeyi yeniden hedefe yöneltir (Bk. EYLEMSİZLİKLE GÜDÜM).

Savaş başlığı: Füzelerde, aralarında kimyasal ve biyolojik başlıklar da bulunan, aşağı yukarı her tür savaş başlığı kullanılır. Sözgelimi, tel güdümlü tanksavar füzelerde, 600 mm'lik zırh delici, yüksek patlayıcılı ya da parça etkili (şarapnel) başlıklar kullanılabilmektedir. S.S.C.B'nin büyük kıtalararası balistik füzelerinde, 25 megatonluk termonükleer başlıklar, hava savunmasını atlatabilen ve ayrı hedeflere giden küme halinde termonükleer başlıklar ya da uzayda bir yörüngeye yerleştirilip, istendiğinde yerdeki bir hedefe yöneltilebilen «uzay bombaları» bulunabilmektedir. Küçük nükleer başlıklar, aşağı yukarı her sınıf füzeye takılabilmektedir. Yüksek patlayıcılı savaş başlıkları, genellikle temas ve yakınlık tapalarıyla donatılır.

Günümüzde kullanılan 10 tip füze. (solda) — 1.Termonükleer MİRV başlıklı, üç kademeli, katı yakıtlı, Minuteman (A.B.D.) kıtalararası balistik füzesi. — 2. Türbojetli, eylemsizlikle yönlendirmeli ve yıldız-izleme sistemli Hound Dog (A.B.D.) havadan-yere termonükleer füzesi. — 3. Yüksek patlayıcı başlıklı, katı yakıt roketli ve düşman radarlarına karşı kullanılan Shrike (A.B.D.) süpersonik havadan-yere füzesi. — 4. SAM 2 (S.S.C.B.) yerden - havaya füzesi. Bu füzede, katı ve sıvı yakıtlı iki kademeli roket, radyo güdüm sistemi ve detonatör (aynı zamanda geleneksel tapa da kullanılır) vardır. — 5. Katı yakıt roketli, taktik, havadan - yere Maverick (A.B.D.) füzesi. Füzenin burnundaki kameralı TV sistemi hedefe kilitlendiğinden, füze, hedefi kendi bulur ve uçak, atıştan sonra geri döner. — 6. Yüksek patlayıcı ya da nükleer savaş başlıklı, sıvı yakıtlı roketle uçan, yerden-yere Lance (A.B.D.) füzesi. — 7. İki kademeli katı yakıt roket motorlu HOT (Fransız ve Alman) telli güdümlü tanksavar füzesi. — 8. Termonükleer MİRV başlıklı, katı yakıt roket motorlu, Poseidon (A.B.D.) denizaltı füzesi. — 9. Avustralya'da yapılmış İkara, uzun menzilli denizaltısavar füzesi. Bu füzede katı yakıtlı roket motoru bulunur; taşıdığı torpili, hedefe paraşütle atar. «Saydam kanopi» altında yönlendirme aygıtları vardır. — 10. Eylemsizlikle yönlendirmeli, katı yakıt roket motorlu, denizaltıdan-denizaltıya Subroc (A.B.D.) füzesi. Denizaltıdan atılan füze, sudan çıkıp uçarak düşman denizaltısı üstüne gitmekte ve sualtı nükleer bombasını atmaktadır.

Uçaklardan atılan çeşitli top mermileri, bombalar, roketler ve füzeler. (sağda) Havadan-havaya füzelerde genellikle, yüksek patlayıcılı savaş başlıkları, havadan-yere füzelerde de, yüksek patlayıcı ya da nükleer başlıklar kullanılmaktadır.

Bir gemi güvertesinden ya da su üstündeki denizaltıdan atılabilen, yüzeyden-yüzeye Regulus füzesi. (altta) Nükleer savaş başlığı taşıyabilen Regulus, ilk kez 1958'de kullanılan ve 1961 yılında A.B.D. deniz kuvvetlerinde servise giren Polaris'ten önce yapılmıştı.

Kıtalararası balistik füzelerin etkisi, çok başlıklı (MRV) ve *bağımsız yönlendirilebilen çok başlıklı* (MİRV) füzelerin geliştirilmesiyle artırılmıştır. MRV'ler, bir tek füzeyle taşınan, füzenin hedef üstünden geçmesi sırasında belirli aralıklarla atılan ve geniş bir bölgeyi tahrip eden savaş başlıklarıdır. MİRV'lerdeyse, bu atış sistemi daha da geliştirilmiştir. Füze, birçok savaş başlığını, önceden belirlenen zamanlarda, değişik hızlarla, değişik hedeflere atabilmekte ve böylece, balistik füze birkaç hedefi birden tahrip edebilmektedir.

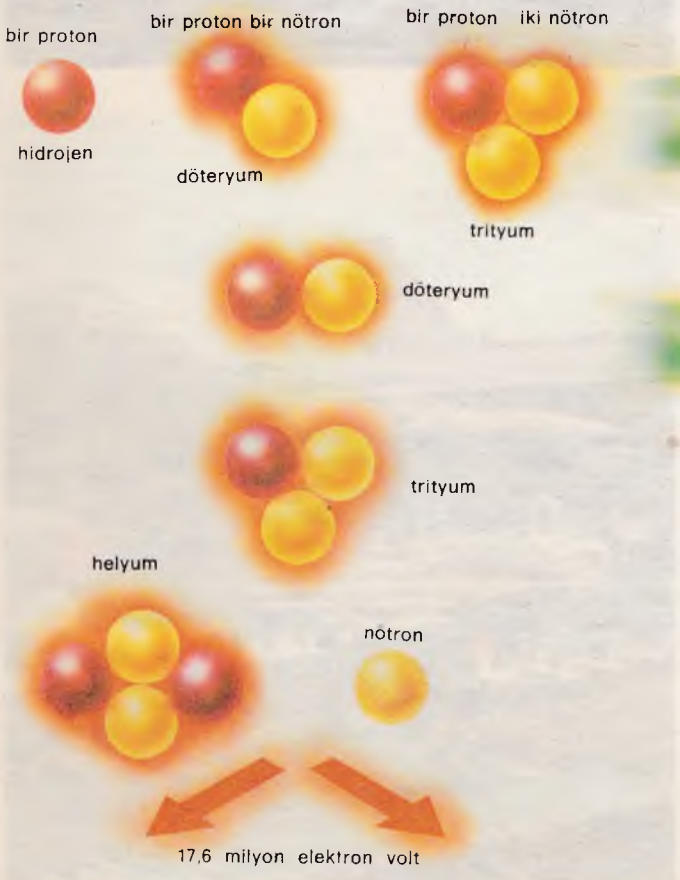
FÜZYON

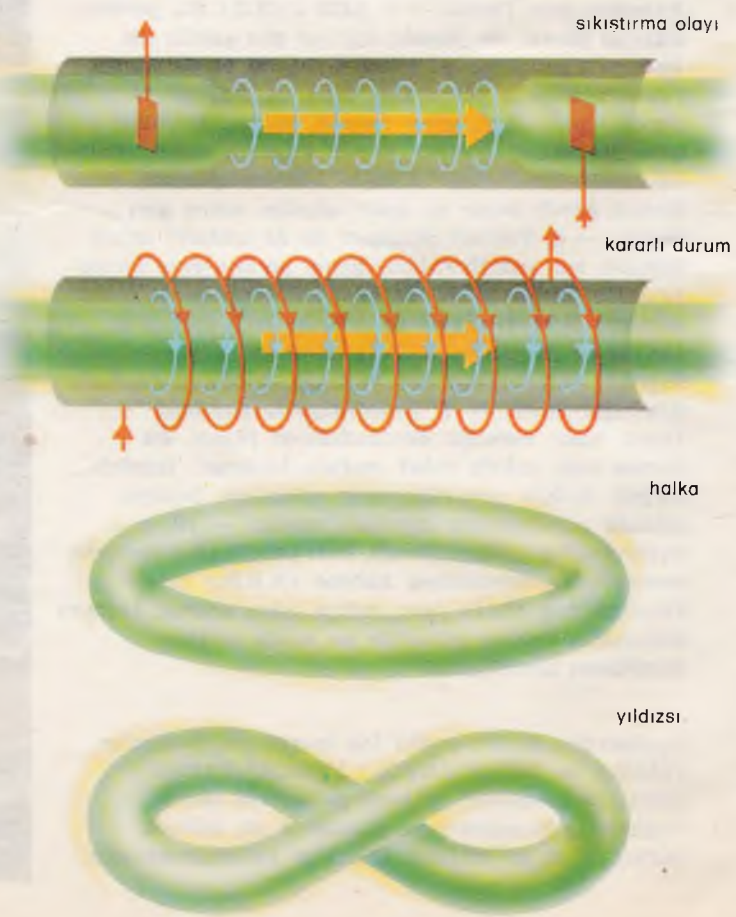
Nükleer füzyon, iki hafif atom çekirdeğinin birleşerek, daha ağır bir atom çekirdeği oluşturmasıdır. Tanecikleri bir arada tutan BAĞLANMA ENERJİSİ değişik çekirdeklerde değişik değerler aldığı için, füzyon sırasında dışarı enerjiler salınır.

Önemli füzyon tepkimelerinden biri, en hafif çekirdek olan HİDROJEN atomunun, helyum atomuna dönüşmesidir. Normal olarak hidrojen çekirdeğinde, bir tek proton bulunur; ne var ki, bunun bir ya da iki nötronla birleşmesiyle, çeşitli yan ürünler, yani İZOTOP'lar oluşabilir. Bu ürünlere «*döteron*» ve «*triton*» adları verilir.

Enerji salınımı bakımından en verimli füzyon, döteron ve triton füzyonudur. Tepkime sonunda helyum çekirdeği oluşur ve bir nötron ile 17,6 milyon elektron voltluk bir enerji açığa çıkar (Bk. TANECİK HIZLANDIRICILARI). Çekirdek kütlelerinin toplamı alınarak, salınan enerji miktarı hesaplanabilir: Helyum ve nötronun kütle toplamı, döteron ve tritonunkinden biraz azdır. Aradaki fark, kütlenin enerjiye dönüşümü sonucu açığa çıkmıştır. Yalnızca çok küçük kütle dönüşümlerinin söz konusu olduğu, sıradan kimyasal tepkimelerle karşılaştırılınca, füzyonda salınan enerjinin korkunç boyutlara ulaştığı söylenebilir. Bir litre su içindeki bütün hidrojen çekirdeklerinin füzyon sürecine girmesi sağlanabilseydi, bunun açığa çıkaracağı enerji, milyonlarca litrelik petrolün yanmasından sağlanacak enerjiden fazla olurdu. Ne var ki, füzyon tepkimelerini oluşturmak oldukça güçtür. Hidrojen çekirdeklerindeki protonlar, artı elektrik yüklüdür. Tıpkı mıknatısın benzer kutupla-

Füzyon tepkimesinin, döteryum ve trityum çekirdeklerini birleştirmesi, bir helyum çekirdeğinin oluşması ve büyük bir enerjiyle birlikte bir serbest nötronun salınması. (altta) Sağdaki çizimler, içinde füzyon tepkimesinin oluştuğu sıcak plazmayı elde etmek için kullanılan magnetik düzeneği göstermektedir (halka ve yıldızı biçimli plazma, en sık kullanılanlar arasındadır). Sıcak gaz, içinden ve çevresinden geçirilen elektrik akımıyla, bulunduğu kabın çeperlerinden uzakta tutulur.





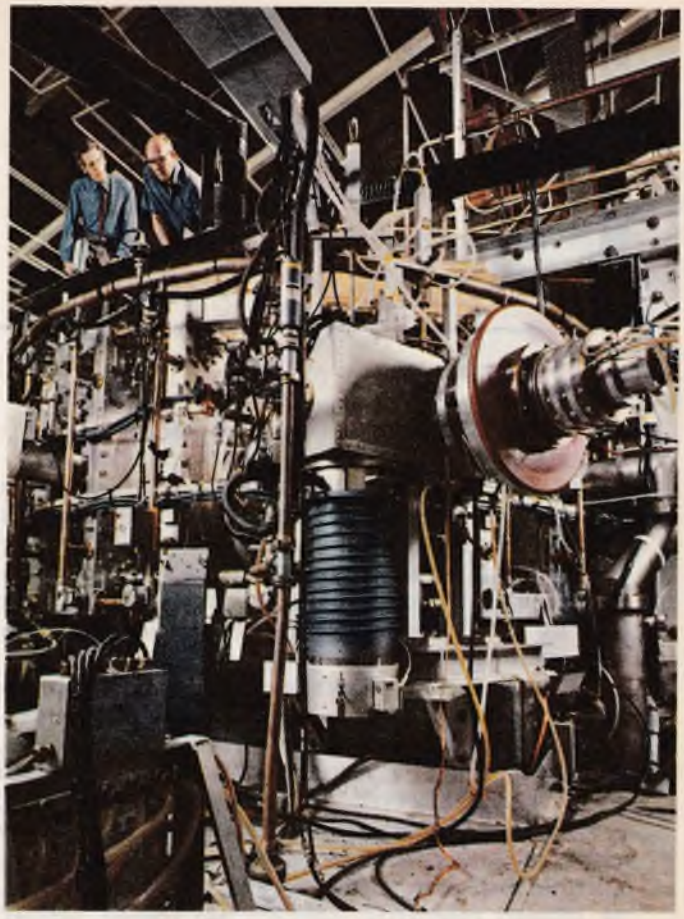
rı gibi, bu artı yüklü protonlar da, birbirlerini iterler (itme kuvveti, protonların yaklaştırılmasıyla artar). Füzyon tepkimesini başlatabilmek için, çekirdeklerin, çapı santimetrenin milyon kez milyonda biri kadar olan hacim içine sokulmaları ve elektrik yükünden oluşan itme gücünü aşma amacıyla, birbirlerine doğru çok büyük bir hızla hareket etmeleri gerekir. Füzyonun gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini belirleyen iki etmen vardır: Çekirdeklerin bir araya geliş yakınlığı (hidrojen yoğunluğu); çekirdeklerin hareket hızı (sıcaklık). Gerekli sıcaklık, milyonlarca santigrat derece dolayındadır.

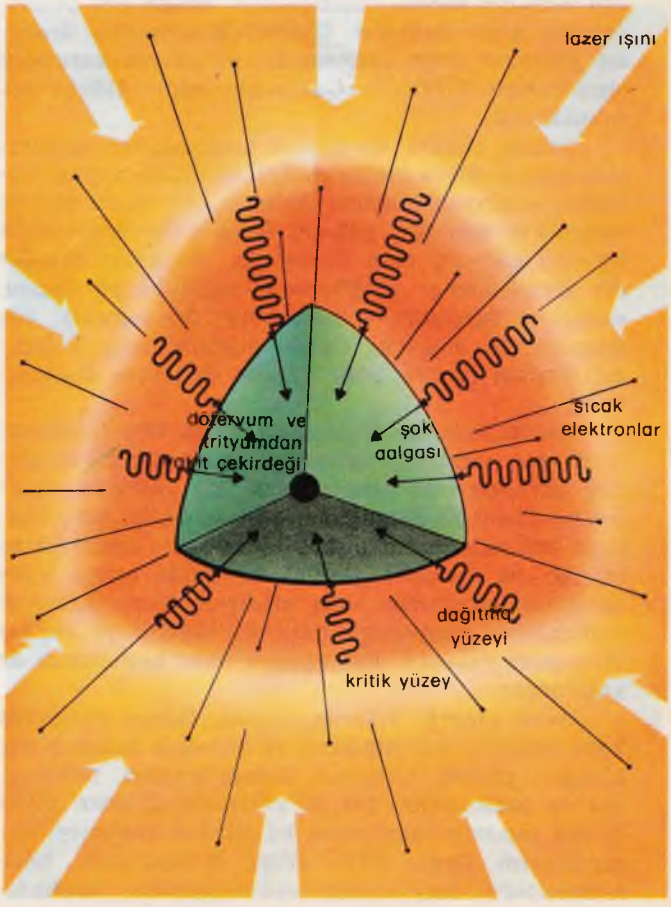
Yani sorun, milyonlarca derece sıcaklıkta, yoğun bir hidrojen hacmi yaratmada yatmaktadır. Çeşitli ülkelerdeki araştırma merkezlerinde, denetim altında füzyon tepkimeleri sağlamak için, çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunun için, yüksek sıcaklıklarda atomlardan kopup ayrılacak elektron ve çekirdekleri içeren, «plazma» adlı, yoğun ve sıcak hidrojen hacimlerinin elde edilmesi gerekir. Magnetik alanlarla plazma sıkıştırılarak, hem gereken yoğunluk sağlanır, hem de plazma, içinde bulunduğu kabın çeperlerinden uzak tutulur (yoksa kap erir). Başka bir yöntemdeyse, yüksek güçlü lazer ışınıyla, katı döteryum paketleri bombardıman edilir. Ne var ki, elde edilecek füzyon enerjisinin kullanılabilir hale getirilmesi için, daha birçok sorunun çözülmesi gerekmektedir.

Hidrojen bombalarında, kısa süreli patlamalar halinde füzyon tepkimeleri oluşturulmuştur. Bu bombalarda, gerekli sıcaklık ve yoğunluk koşulları, başka patlayıcılar kullanılarak sağlanır. Sonuçta, milyonlarca ton dinamite eşdeğer enerji elde edilir.

Füzyon tepkimesinin insanlarca başlatılmasının oldukça zor olmasına karşılık, doğada bu olay kendi kendine ve sık sık oluşur. Sözgelimi gün ışığı ve sıcaklık, güneşteki ve öteki yıldızlardaki füzyon tepkimelerinin bir sonucudur.

Doğal füzyon tepkimeleri, büyük kütlelerin çekim etkisinden kaynaklanmaktadır. Sözgelimi, güneşin merkezinde çekirdek yoğunluğu, 150 gram/cm³'tür, sıcaklık ise 14 milyon C° dolayındadır. Bu koşullar altında bile, çekirdekler arasındaki on milyon kez milyarda bir çarpışmadan, yalnızca biri füzyonla sonuçlanmaktadır. Ama bu bile, güneşteki hidrojeni yavaş yavaş helyuma dönüştürmeye ve dünyadaki yaşam koşullarının yaratılmasına yetmektedir.





Nötr (yüksüz) tanecik enjektörü görülen bir füzyon araştırma aygıtı. (sağda üstte) Plazmanın yeterince ısınmasını sağlamak için, plazmayı tutan magnetik tuzaklar içine, enerji kazanmış hidrojen atomları verilir.
Lazer ışını bombardımanıyla başlatılan nükleer füzyon. (sağda altta) Döteryum ve trityumdan oluşan bir yakıt çekirdeği, lazer ışınıyla ısıtılır. Kritik yüzeylerde ısı yutulur ve sıcak elektronlar içeri doğru hareket edip, yüzeyden topladıkları ısıyı çekirdeğin içine taşırlar. Tepkime içerden başlar ve giderek bütün çekirdeği kapsar.

G

GALİLEİ, GALİLEO (1564-1642)

Galilei, XVII. yüzyıl başlarında, fizik ve gökbilimin gelişmesinde önemli rol oynamış bir bilim adamıdır. Farklı büyüklükteki iki topu Pisa kulesinden aşağı atarak, ağır olanın daha çabuk düşmediğini gösteren bir deneyle tanınmasına karşılık, böyle bir gösteri yapıp yapmadığı kesin olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte, bilimsel kavramları kanıtlamak için, ilk kez özel deneylerin sonuçlarını kullanmış olanlardan biridir.

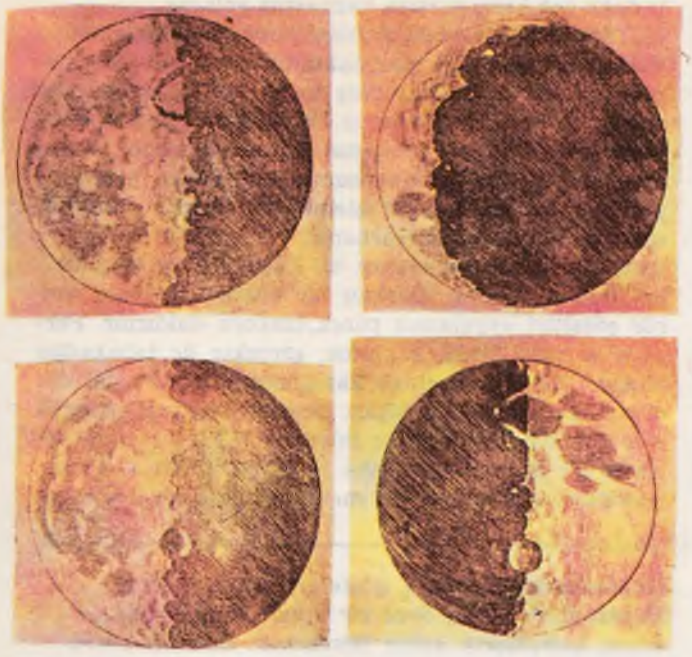
İtalya'nın Pisa kentinde doğan Galilei, yaşamı boyunca doğduğu kentten ayrılmadı. Tıp eğitimi gördükten sonra, fizikle uğraşmaya başladı. Çocukken, Pisa katedralinin tavanından sallanan bir lambayı görüp, sarkaç hareketine ilgi duymuş olan Galilei, sarkacın salınım sürelerini ölçmek için kendi nabız atışlarını ölçü olarak kullandı ve sonuçta, salınım sürelerinin hep aynı kaldığını gördü. Bununla birlikte, ilk bilimsel çalışmaları konusundaki bilgiler, Galilei'nin zamanın geçerli düşüncelerini olduğu gibi benimsediğini göstermektedir. Galilei'nin sonradan deneysel yönteme önem vermesinde, bir müzik kuramcısı olan babası Vincenzio Galilei'nin etkisi olduğu sanılmaktadır.

Galileo Galilei, en önemli çalışmalarını, yaşamının sonuna doğru gerçekleştirdi. Dürbünle yaptığı buluşları açıklayan *Sidereus Nuncius* adlı yapıt, 1610'da Venedik'te basıldı. O yıllarda Padova Üniversitesinde öğretim görevlisi olan Galilei'nin, «uzaktaki cisimlerin ayrıntılarıyla görülmesini sağlayan bir aygıtın varlığını» öğrendiği bilinmektedir. Bu nedenle, gök dürbününün bulucusu Galilei değildir; ama kullandığı dürbün türüne, hâlâ «*Galilei dürbünü*» denmektedir.

Galilei, Sidereus Nuncius'da, Ocak 1610'da dürbünüyle Ay'ı incelediği zaman neler gördüğünü açıklamış, gördüklerinin resmini çizip, Ay yüzeyinde dağlar ve düzlükler bulunduğunu belirtmiştir; ama dağların yüksekliklerine ilişkin tahminleri, gerçektekine oranla çok farklıdır. Galilei, kitabında çıplak gözle görülmeyen yıldızları nasıl izlediğini, Samanyolu'nun yıldızlardan oluştuğunu nasıl gördüğünü ve Jüpiter çevresinde dolanan dört uyduyu nasıl keşfettiğini de anlatmıştır.

Daha sonraki yıllarda Galilei, Güneş yüzeyinde koyu lekelerin bulunduğunu ve bunların zamanla değiştiğini gözledi. Gerçekte, Güneş lekeleri, teleskopsuz da gözlenebilir: İ.Ö. 90 yıllarında Çinliler, beyaz jütten yapılmış süzgeçlerle, bu lekeleri gözlemeyi başarmışlardı. Oysa, XVII. yüzyıl Avrupa'sında, hâlâ, Aristoteles'in uzay cisimlerinin değişmeden kaldıklarına ilişkin savları kabul ediliyordu. Gerçi Galilei, yıllar önce KEPLER'e yazdığı bir mektupta, KOPERNİK'in kuramına inandığını ve gezegenlerin Dünya'nın çevresinde değil, Dünya ile birlikte Güneş'in çevresinde döndüğünü söylemişti; ama, bu görüşlerini ilk kez, 1613 yılında yayınlanan, güneş lekeleriyle ilgili kitabında kamuoyuna açıkladı.

Galilei'nin 1624 yılında Ottavio Leoni tarafından yapılan portresi. (altta). Galilei, dürbünüyle yaptığı incelemelerde, Venüs'ün de Ay gibi evreler gösterdiğini gözlemiş, böylece Venüs'ün Güneş çevresinde döndüğünü kanıtlamıştır.



Galilei'nin Ay'ın çeşitli evrelerini gösteren bazı resimleri. (üstte) Galilei, parlak noktaların, Güneş ışınlarını yansıtan dağ tepeleri olduğunu anlamıştır.

XVI. yüzyıl başlarında Kopernik'in Dünya'nın hareket etmekte olduğunu söylemesi, protestan din adamlarının tepkisini çekmişti. XVII. yüzyıl başlarındaysa, katolik kilisesinin İncil'e büyük ağırlık vermesi ve reforma karşı eylemleri benimsemesi sonucu, Kopernik'in *Dönüşümler Üstüne* adlı yapıtının ve öteki çalışmalarının suçlanmasına karşılık, Galilei'ye karşı herhangi bir girişimde bulunulmadı.

Ne var ki, 1632 yılında *İki Büyük Yer Sistemi* (Ptolemaios ve Kopernik) *Üstüne Söyleşi* adlı kitabında, Dünya'nın Güneş sisteminin merkezi olmadığını belirtmesi üstüne Galilei, Engizisyon mahkemesine çıkarıldı: Aristoteles'e karşı olduğu için, pekçok düşman toplamıştı; Papa da, yapıtın bazı bölümlerinde kendine saldırıldığını öne sürüyordu. Mahkeme, Galilei'yi, ömür boyu evinde gözaltında tutulma cezasına çarptırdı ve yapıtı yasak kitaplar listesine alındı.

Galilei 1634 yılında Floransa yakınlarında Arcetri'deki villasına taşındı ve gözlerinin iyi görmemesine karşın, çalışmalarını sürdürdü. 1638'de *İki Yeni Bilim* adlı çalışması (bu çalışma, çağdaş deneysel bilime öncülük etmiştir) Hollanda'da yayınlandığı zaman, gözleri hiç görmüyordu.

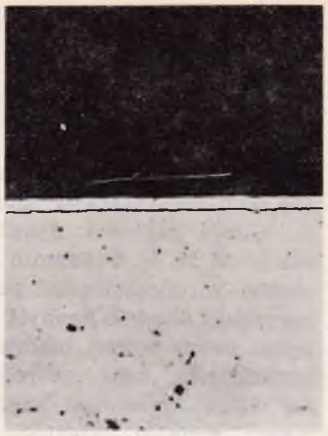
GALVANİZLEME

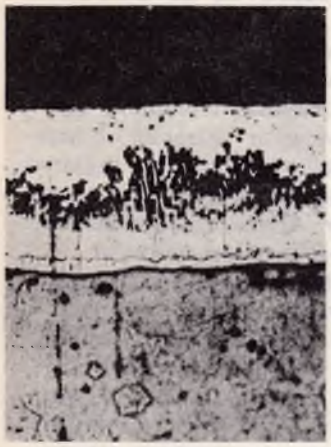
Galvanizleme, demir ve çelik parçalar üstüne ince bir çinko tabakası kaplama işlemine verilen genel bir addır. Boya dışında, demirli metallere en çok uygulanan koruyucu kaplamadır. Uygulama alanları arasında, yapılarda kullanılan çelik iskeletler, metal saç levhalar, cıvatalar, somunlar ve teller sayılabilir.

Çinko kaplama, demirli metallerin atmosferdeki oksijenin ve su buharının aşındırıcı (korozyon) etkisinden korunmasını iki yolla sağlar: Galvanizlenmiş parçadaki demirin havayla temas etmesini önler; kaplama, demir içeren metali ortaya çıkaracak biçimde çatladığında, kırığı çevreleyen çinko, demir için bir tür *katot korunması* sağlar. Kimyasal açıdan paslanma, metalin yüzeyinde karmaşık demir oksitlerinin oluşmasıdır. Bunlar temelde, dış kabuk ya da DEĞERLİK elektronlarının, demir atomlarından oksijen moleküllerine geçmesine yolaçan *iyonlu bileşiklerdir*. Ama çinko, demirden daha elektropozitiftir. Yani, başka bir elementle kimyasal tepkimeye girerek, kolayca değerlik elektronlarını yitirebilir. İçinde demir bulunan metalle elektriksel temasının sağlanması durumunda, çinko kaplama, atmosferdeki su ve oksijenin ilk hedefi olacaktır. Ayrıca, çatlak küçükse, çinkonun aşınma ürünleri bu yarıkları doldurur.

Birçok arı metal gibi, çinko da havada yükseltgenir. Ancak, metalin yüzeyinde oluşan çinko oksit, dağınık toz halindeki demir pası biçiminde değildir. Tersine, «*oksit tabakası*» adı verilen bir biçimde, metalin yüzeyine sıkıca yapışır ve metalin öteki bölümlerinin de paslanmasını önler. Oysa tozsu biçiminden ötürü demir pası, metalin, havanın aşındırıcı etkisiy-

Çelik tabakanın elektrogalvanizlenmesi. (altta) Elektrogalvanizleme, çinko kullanımında ekonomi sağlaması ve kaplama yüzeyinin daha düzgün olması nedeniyle, sıcak daldırmalı galvanizlemeden üstündür.





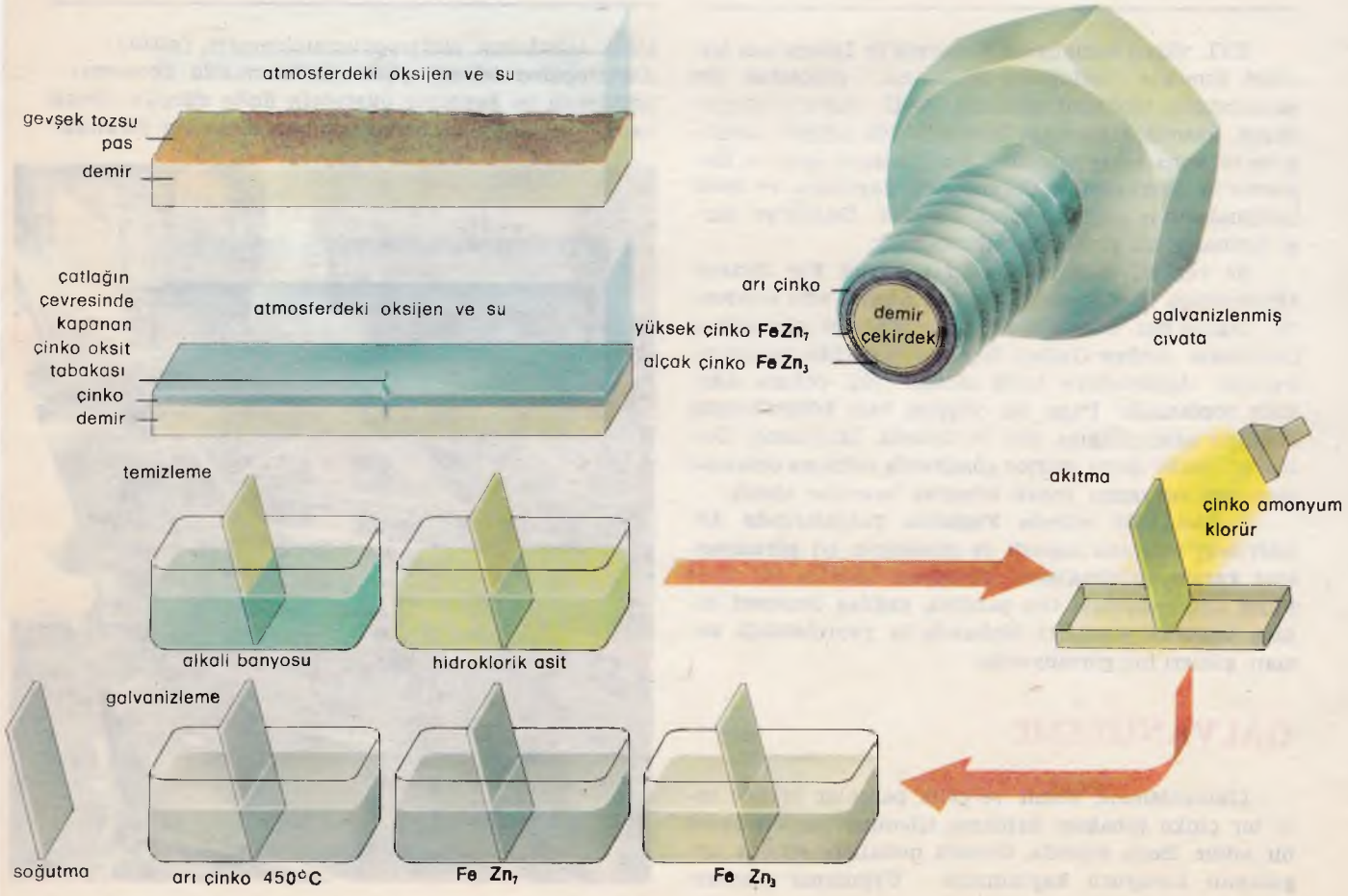
Çinko emdirme yöntemiyle gerçekleştirilmiş bir kaplamanın fotomikrografı (üstte solda), düzgün olmayan bir yüzeyde bile, değişmez bir kaplama kalınlığının elde edildiğini göstermektedir. Elektrolizle yapılmış 0,005 mm kalınlığında çinko kaplama (üstte sağda), çok düzgündür. Sıcak daldırmalı galvanizleme yöntemiyle yapılan 0,089 mm kalınlığında kaplama. (solda)

le daha çok karşı karşıya kalmasına yolaçar.

Endüstri alanında galvanizleme, genellikle «*sıcak daldırmalı işlem*»le yapılmaktadır. Bu yöntemde, demir ya da çelikten yapılmış parça, 450°C sıcaklıktaki erimiş çinko içine daldırılır. Yüzeyinin çok temiz olması gerektiğinden, parçanın üstündeki mazot ve yağ artıkları, bir alkali banyosunda temizlenir. Ardından parça, *kabuksuzlaştırma* işleminden geçirilir, yani yüzeyindeki oksit ya da karbonat, hidroklorik asitten ya da sülfürik asitten oluşan bir başka banyoda giderilir. Bundan sonra, akışkan bir çinko-amonyum klorür çözeltisi uygulanan parça, çinkoya daldırılır. Parçaya yapışan çinko kaplama, gerçekte üç tabakadan oluşur. Dıştaki arı çinko kaplamanın altında, iki demir-çinko alaşımı tabakası vardır: Demirin üstünde çok ince bir düşük çinko tabakası ($FeZn_3$); onun üstünde de bir yüksek çinko tabakası ($FeZn_7$). Çinko, haddeden çekilebilen bir metaldir; ama alaşım taba-

---

Galvanizleme işlemini gösteren çizim. (altta) Kaplanacak parça, önce bir alkali banyosunda, sonra hidroklorik asitte temizlenir. Bundan sonra üstüne, akışkan bir çinko amonyum klorür çözeltisi püskürtülür. Gerçek galvanizleme işlemi sırasında, giderek daha arı çinko çözeltileri içeren bir dizi tanka daldırılır.



kaları kolayca kırılabilir ve dökülmelerini önlemek için, olabildiğince ince tutulmaları gerekir. Daldırma işlemi tamamlandıktan sonra, parçalar hemen çıkarılır, fazla çinko akıtılır ve havayla ya da suyla soğutulur.

Daha arı bir çinko kaplama istendiğinde, kaplamanın belirli bir kalınlıkta olması gerektiğinde ya da erimiş çinko banyosunun yüksek sıcaklığının, işlem görecek parçayı ters yönde etkileme olasılığı bulunduğunda, çinko, elektrolizle kaplanır. *«Elektrogalvanizleme»* adı da verilen bu işlemde, büyük miktarda elektrik akımı, yoğunlaştırılmış bir çinko tuzu çözeltisi (çinko sülfat gibi) içeren elektrolit kabının içinden geçirilir. Kaplanacak parça, katot olarak kullanılır. Bu nedenle parçanın yüzeyinde, çinko sülfatın ELEKTROLİZ'i sonucu metal çinko toplanır. Böylece oluşan kaplama, % 99,99 oranında arıdır ve parçanın yüzeyine, bir dizi çinko-demir alaşımı tabakasıyla değil, mekanik yüzey bağlantısıyla yapışır. Parça, koruyucu kaplamada herhangi bir çatlamaya yolaçmadan, eğilip bükülebilir.

Demir ya da çelik parçalar üstüne çinko kaplaması uygulamanın öteki yöntemleri, *çinko emdirme* (Sherard süreci), püskürtme ve boya gibi sürmedir. Çinko emdirme işleminde, kaplanacak parça, çinko tozu ve kumu içeren bir silindirde, 350-400°C sıcaklıkta 3-10 saat kadar döndürülür. Püskürtmeli çinko kaplamaları, yüksek basınçlı bir püskürtme tabancasıyla uygulanır. Yüksek basınçlı sıcak gaz fıskıyesi, erimiş çinkoyu, bir aerosol püskürtücüde olduğu gibi, damlacıklar haline getirir. Bu yöntemin üstünlüğü, köprü gibi büyük yapıların, yerinde galvanizlenmesini sağlamasıdır. Organik bir bazın içinde asılı halinde çinko tozu içeren boyalar da, bazen çinko kaplama uygulanmasında kullanılır. Bu yöntem, alttaki demir ile çinko arasındaki bağın çok güçlü olmasını sağlamaz, ama kolaylığı nedeniyle bazı durumlarda yeğlenir.

GALVANOMETRE

Galvanometre, çok küçük akımları ölçen bir aygıttır ve AMPERMETRE ile GERİLİMÖLÇER'e benzer. Galvanometre, ölçülecek akımın etkisiyle bir *sapma* yapabilen, hareketli bir öğe içerir. Hareketli öğenin sapması, bir elektromıknatıs ile bir mıknatısın etkileşimi sonucu gerçekleşir. Bu öğeler, *döner mıknatıs* ya da *döner bobin* sistemleri biçiminde düzenlenebilir.

Döner mıknatıslı galvanometre: Bu türde, doğal bir mıknatıs, at nalı biçimindeki bir elektromıknatısın kutupları arasına takılır ya da oturtulur. Bu düzenleme sonucu, at nalı mıknatısın kutupları arasında bir magnetik alan oluşur ve doğal mıknatısa bir döndürme kuvveti uygulanır. Döndürme kuvveti, mıknatısı, geri çekme yayına karşı döndürür.

Döner mıknatıslı galvanometreler, hassas ölçümler gerektiğinde elverişsizdir; çünkü mıknatısın sapması, akımla doğru orantılı değildir, başka bir deyişle, sapma *doğrusal* değildir. Akım, sapma açısının tanjantı olarak değiştiğinden, bu tür galvanometrelere, *«tanjant galvanometresi»* de denir.

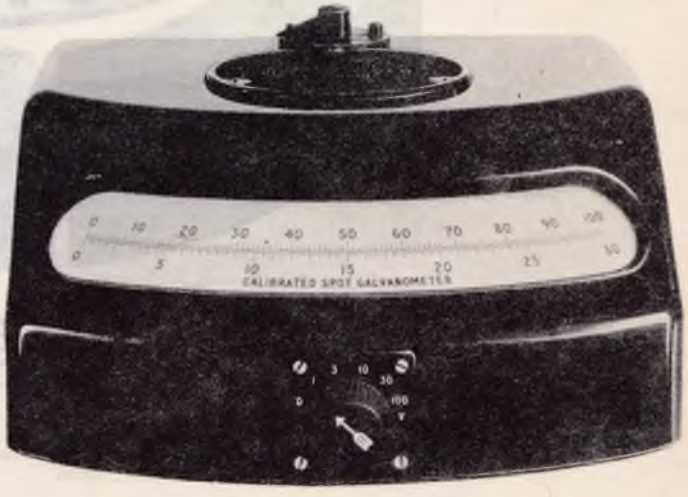
Döner bobinli galvanometreler: Bu türde, elektromıknatıs, at nalı biçimindeki bir doğal mıknatısın kutupları arasına takılmış ya da oturtulmuştur. Elektromıknatıs, dikdörtgen bir alüminyum çerçeveye sarılı, çok ince bakır tellerden oluşmuştur. Çerçevenin ortasınaysa, yumuşak demirden bir çekirdek yerleştirilmiştir. Çekirdek, doğal mıknatıs alanını üstüne toplar ve radyal duruma dönüştürür.

Bobinden geçen akım sürekli, mıknatısın düzgün radyal alanı ile etkileşir ve sonuçta, döndürme kuvveti oluşur. Oluşan kuvvet yalnızca, geçen akımla orantılıdır; bu kuvvet, alanının radyal yapısından ötürü, hiç bir biçimde bobinin açısal konumuna bağlı değildir. Dolayısıyle, sapma *doğrusal*dır. Döner bobinli galvanometre, en yaygın kullanılan galvanometre türüdür.

Zemberek: Çok duyarlı galvanometrelerde bobin, iğne üstüne oturtulmaz; bunun yerine, son derece ince, altın ya da bakır zemberéklerle bağlanır. Bu zemberekler, gerekli geri döndürme kuvvetini oluşturdukları gibi, elektriği de bobine iletirler. Zemberéklerin elmas uçlu iğne yataklardan üstünlüğü, hareket sırasında gösterdikleri çok küçük sürtünme direncinden kaynaklanmaktadır. Zayıf akımlarda çok duyarlı sonuçlar verirler.

Duyarlık: Döner bobinli galvanometrelerdeki duyarlık sınırını belirleyen etmenlerden biri de, bobindeki sarım sayısıdır. Ölçülecek bir akım verildiğinde, bobinde yaratılan alan ne kadar büyük olursa, sapma da o kadar büyük olacaktır. Bunu sağlamak için, bobinin sarım sayısı artırılır. Ancak, bu yöntem ağırlığı da artırdığından, çok ince sargı telleri kullanma yoluna gidilebilir. Ne var ki, bu kez de yeni sorunlar ortaya çıkar.

Bu ışık benekli galvanometre (altta), içten aydınlatılmıştır; dışardan bir ışık kaynağı gerektirmez. Bir ışık beneği, ölçek üstünde hareket eder.



Tel inceldikçe, elektrik direnci artar. Bobin, akım değeri ölçülecek devreye doğrudan yerleştirileceği için, bobin direnci devre özelliklerini bozmamalı, yani ölçülecek akımı değiştirmemelidir. Dolayısıyle, sarım sayısı ile tel kalınlığı arasında bir seçim yapma durumu ortaya çıkar. Genellikle, kullanılan bobin direnci, 800 ohm dolayındadır.

Sapmanın gösterilmesi: Sapma, en yalın biçimde, dereceli bir ölçek üstünde hareket eden bir ibreyle gösterilebilir. Ne var ki, ibrenin ölçek üstünde hangi bakış açısıyla okunacağını bilmek güç olduğundan, sık sık yanlış yapılabilir. Ayrıca, ibre ne kadar uzun olursa, duyarlık o kadar artar. Ama bu durum da, ağırlık ve denge sorunları yaratır.

Aynalı galvanometrelerde bu güçlük, bobin ile askı teli arasına yerleştirilen küçük bir ayna yardımıyla aşılmıştır. Dar bir ışık demeti, ayna üstüne odaklandıktan sonra, yansıyıp bir ölçeğe düşer. Bu sistemin iki büyük üstünlüğü vardır: Ölçek, aygıttan istenen uzaklığa yerleştirilebilir; sistem, sapmayı kendiliğinden büyütür (çünkü yansıyan ışının hareketi, bobin sapma açısının iki katına eşittir).

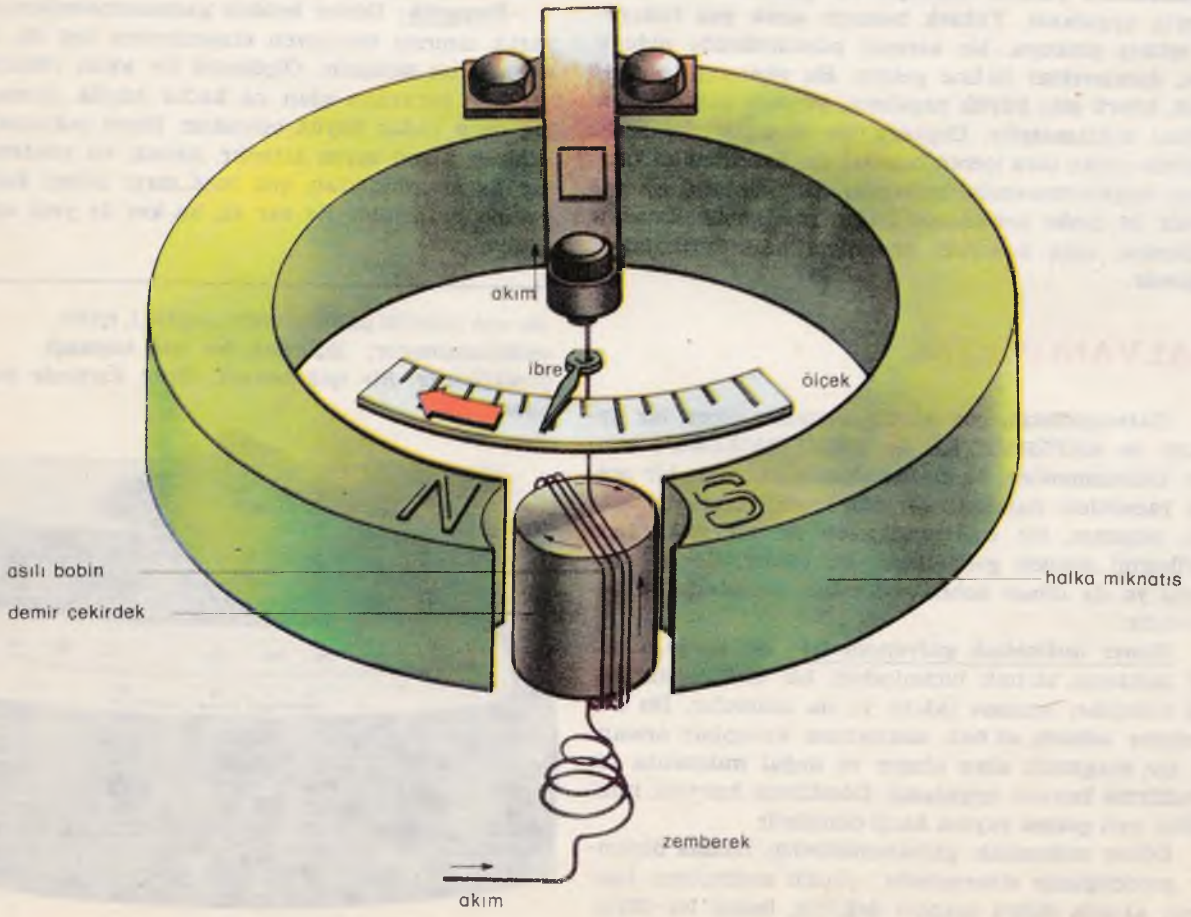
Ölçek, aynadan bir metre uzağa yerleştirilmişse, bu, iki metre uzunlukta bir ibrenin sapmasına eşdeğerdir; ama bu durumda ağırlık söz konusu değildir. Böyle bir aygıtla, ölçek üstündeki bir milimetrelik sapma, 10^{-11} amper kadar küçük bir akımı gösterebilir.

Aynalı galvanometrelerin uyarlanması: Ölçek yerine, ışığa duyarlı bir kağıt rulosu yerleştirilip, devre içindeki akım değişikliklerinin sürekli kaydı yapılabilir. *Morötesi kaydedici*nin temel ilkesi budur.

Aynalı galvanometrenin duyarlığını artırmak için, yansıyan ışığın yolu üstüne bir *fotosel* yerleştirilebilir. Öğe bir yükselticiye bağlandığında, istenen büyütme sağlanır. Bu aygıtlara «*fotoselli galvanometre*» adı verilir.

Bu tür galvanometreler, hareketli bölümleri yeterli hafiflik ve küçüklükte yapıldığı zaman, frekansı 25 kHz'e kadar olan alternatif akımların ani değerlerini de ölçebilirler. Bobine bir DOĞRULTMAÇ devresi eklenerek, sinüs biçimli bir alternatif akımın ortalama karekök değeri bulunabilir. Hareketli bobin sistemleri, apansız akım yüklemelerini ya da yük «*impuls*»larını ölçecek biçimde düzenlenerek, *balistik galvanometreler* yapılır. Bunun için, ibreyi geri getirici yay ve *foucault akımı*yla çalışan «sönümleyiciler», devreden çıkarılır.

Galvanometrelerin en yalın tiplerinden biri. (altta) Bobinden akım geçtiğinde mıknatıslanma oluşur ve bobin, halka biçimli mıknatısın kutupları arasında döner. Bu durumda, bobinin kuzey kutbu, mıknatısın güney kutbuna yaklaşır. Akım ne kadar büyükse, sapma da o kadar büyük olur.



Ampermetre ve gerilimölçer: Çok duyarlı bir galvanometreyi, ampermetreye (genellikle 10^{-6} amperden büyük akımları ölçen aygıt) dönüştürmek için, akımın çok küçük bir bölümünü aygıttan geçirmek gerekir. Bu amaçla, galvanometrenin uçları arasına paralel olarak, düşük değerli bir direnç yerleştirilir. Direnç, bobin direncinden küçük olmalıdır. Akımın büyük bir bölümü bu direnç üstünden akarken, belirli bir bölümü de aygıttan geçer. Ölçek, daha büyük değerdeki akımları gösterecek biçimde yeniden derecelendirilmelidir.

Galvanometreyi, gerilimölçere dönüştürmek için, aygıta seri olarak çok yüksek bir direnç bağlanır. Ölçülecek gerilim büyük olsa bile, bu büyük direnç nedeniyle, aygıttan yalnızca çok küçük bir akım geçer. Galvanometrenin ölçeği, gerilim okuması yapılacak biçimde, yeniden derecelendirilir.

GAMA IŞINLARI

Henri Becquerel'in 1896'da RADYOAKTİFLİK'i bulmasından sonra, Pierre ve Marie CURİE, radyoaktif atom çekirdeğinden salınan ışınımları araştırmaya başladılar. Curie'ler alfa ve beta ışınlarını keşfettiler. Bir süre sonra da, bunların, helyum çekirdeğinden yayılan çok hızlı elektronlar oldukları gösterildi. Üçüncü bir tür ışınımın varlığıysa ancak 1900 yılında, Paul Villard tarafından ortaya kondu. Söz konusu ışınımın elektrik yükü yoktu ve 30 cm kalınlığındaki bir demir bloktan geçebiliyordu. Bu ışınıma *gama* ışını adı verildi. Daha sonra da bunun bir tür ELEKTROMAGNETİK IŞINIM olduğu kanıtlandı. Gama ışını, elektromagnetik tayfta dalgaboyu en kısa olan ışındır (0,01 nm'den ya da 0,1 angströmden kısa) ve enerjisi X ışınınkinden bile yüksektir.

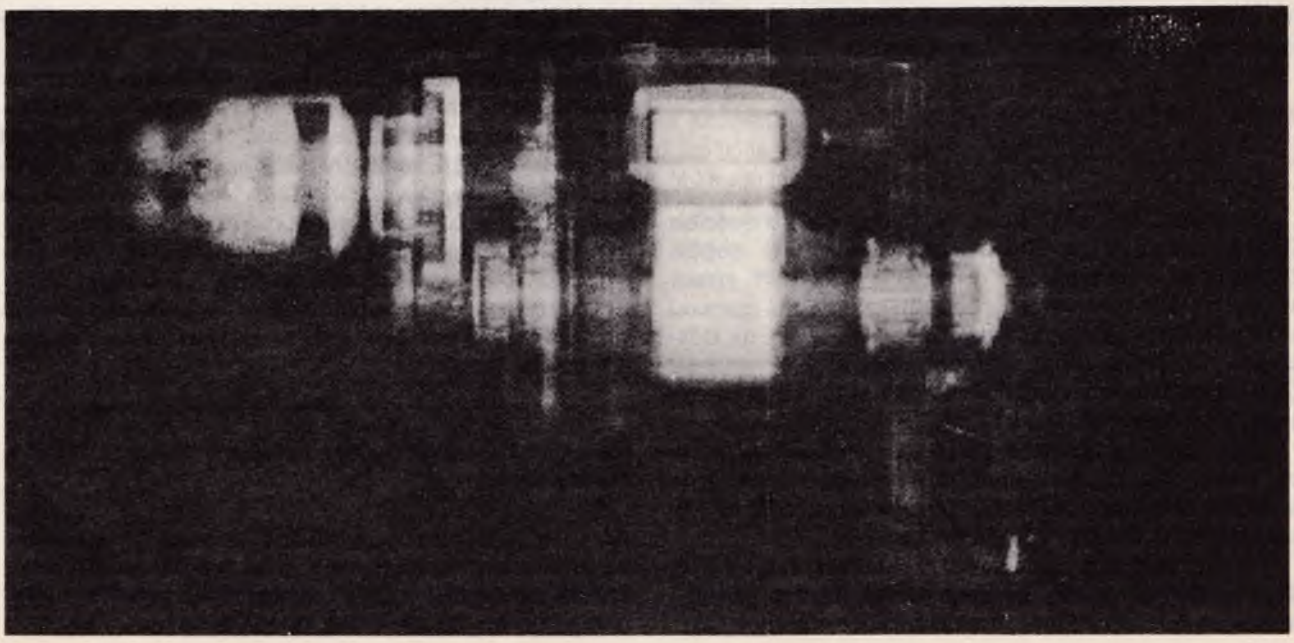
Gama ışını, atom ÇEKİRDEK'i içindeki proton ve nötronların yeniden düzenlenmesi sonucu oluşur. Radyoaktif elementlerin çekirdeğindeki bir nötron, zamanla proton, elektron ya da nötrinoya dönüşebilir. Elektron ve nötrino, çekirdekten kaçar (bu durumda elektrona «beta taneciği» adı verilir). Bu sırada çekirdekte açığa çıkan enerji de, gama ışını fotonları yaymaya başlar.

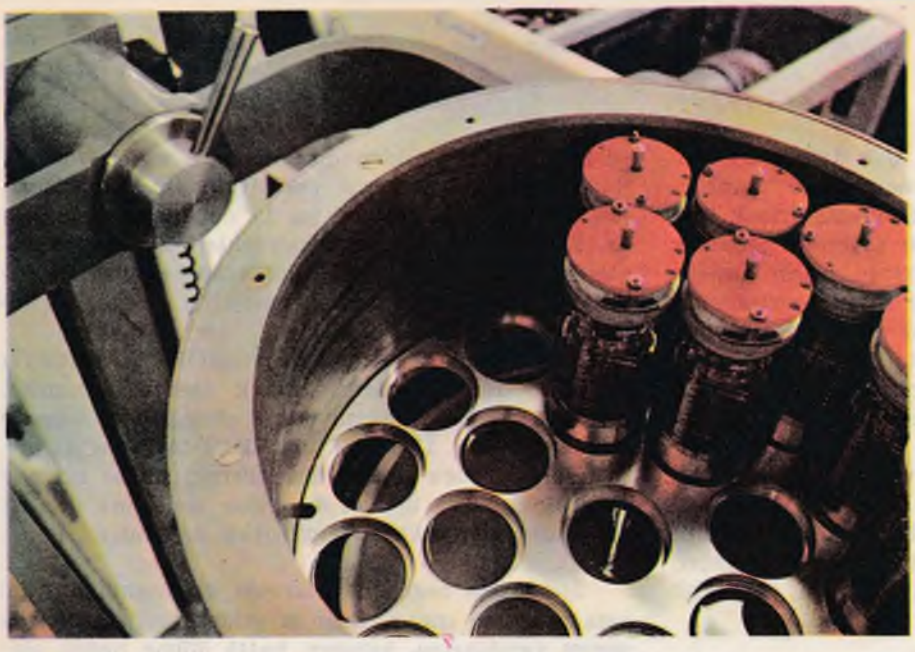
Gama ışınları çoğunlukla, GEİGER SAYACI'yla saptanır. Bu sayaçlarda yüksek enerjili ışınımlar, elektronları, bağlı bulundukları atomlardan koparıp uzaklaştırır (Bk. İYON VE İYONLAŞMA) ve elektronların oluşturduğu akım yükseltilerek, sinyal halinde kaydedilir. Başka bir yol da, gama ışınlarına duyarlı bir emülsiyon («nükleer emülsiyon» da denir) kullanmaktır.

İyonlaşma beden dokularında da oluşabilir. Alfa, beta ve gama ışınları (ışınım şiddetliyse), dokularda ışınım yanıklarına, kansere, hattâ ölüme neden olabilir. Gama ışınları, bedene girip yaşamsal organlara kolayca ulaşmaları bakımından, özellikle tehlikeli olurlar. Bu yüzden, gama ışınlarıyla çalışmak zorunda olanlar, kişinin ne kadar ışınıma uğradığını gösteren emülsiyon şeritleri takarlar. Işınımın en üst güvenlik dozu, organdan organa değişir: Sözgelimi, koliar ve ayaklar, kan yapıcı organlardan 15 kez daha çok ışınıma dayanabilir.

Son yıllarda, uzaydan da gama ışınları geldiği saptanmıştır. Bunlar, Gökada'mızın merkezinden ve Yengeç bulutsusundan (İ.S.1054'te parçalanan bir yıldız kalıntısıdır) kaynaklanmaktadır. Ayrıca, kökenleri henüz tam olarak saptanamayan bazı gama ışını patlamalarına da raslanılmaktadır.

Bir elektrikli el matkabının (altta), iridyum 192 izotopunun ışınım kaynağı olarak kullanılmasıyla çekilen radyografisi.





Bir gama ışını kamerasının, bulucu başlığı. (solda) Her delikte, sodyum iyodür billurundan bir pencere bulunmaktadır. Bu billurlar, gama ışınını, görünür ışına dönüştürür. Sonra, görünür ışık, katlandırıcılar tarafından algılanarak, elektrik sinyaline çevrilir. Sinyaller, bedendeki gama ışını yayan izotopların resmini verecek biçimde işleme uğratılır.

Gama ışınlarının yararları: Tehlikelerine karşılık, gama ışınlarından çeşitli yararlar da sağlanmaktadır. Tıpta beyin, tiroyit bezi, böbrek, karaciğer ve pankreas gibi organlardaki düzensizlikleri araştırma amacıyla, X ışınları yerine kullanılırlar. Gama ışınlarından, organizma içindeki kanserli dokuları yok etmede de yararlanılır. Söz konusu ışınlar, endüstride döküm ve kaynak işlerinin denetiminde de işe yarar: İncelenecek cismin önüne bir gama ışını kaynağı yerleştirilir, arkasına konan fotoğraf tabakasına, görüntü düşürülür. Bu tür uygulamalarda, gama ışınları, X ışınlarına yeğlenmektedir; çünkü X ışını veren makinalar, gama aygıtlarına oranla hem daha büyük, hem de daha pahalıdır.

Besin maddeleri ve ameliyat araçları, şiddetli gama ışınımıyla mikroptan arındırılabilir. Bu yöntemle, zararlı bakteriler büyük ölçüde yok edilir. Plastik endüstrisinde, politen ve öteki polimerleri sağlamlaştırmak için gama ışınları kullanılır, çünkü bu ışınlar, plastiği oluşturan uzun molekül zincirlerini, çapraz yönde de birbirine bağlar. Plastiğin özellikleri, uygulanan ışınım miktarına göre değişir.

GAUSS, CARL FRİEDRİCH (1777-1855)

Matematikçi, gökbilimci ve fizikçi Carl Friedrich Gauss, Almanya'nın Braunschweig kentinde doğdu. Dikkatli ve yetenekli bir çocuktu. 1792-1807 yılları arasında, Braunschweig dükünün sağladığı parasal yardımla, önce Braunschweig Koleji'nde, sonra da Göttingen Üniversitesi'nde öğrenim gördü. 1807 yılında, Göttingen Gözlemevi'nin yöneticisi oldu ve ölünceye kadar bu görevi sürdürdü.

Önceleri matematiğe karşı aşırı tutkusu vardı ve bu bilim dalının çeşitli kollarına önemli katkılarda bulundu. 1801'de çıkardığı *Aritmetik Araştırmaları* adlı kitabıyla, dünya çapında ün kazandı.

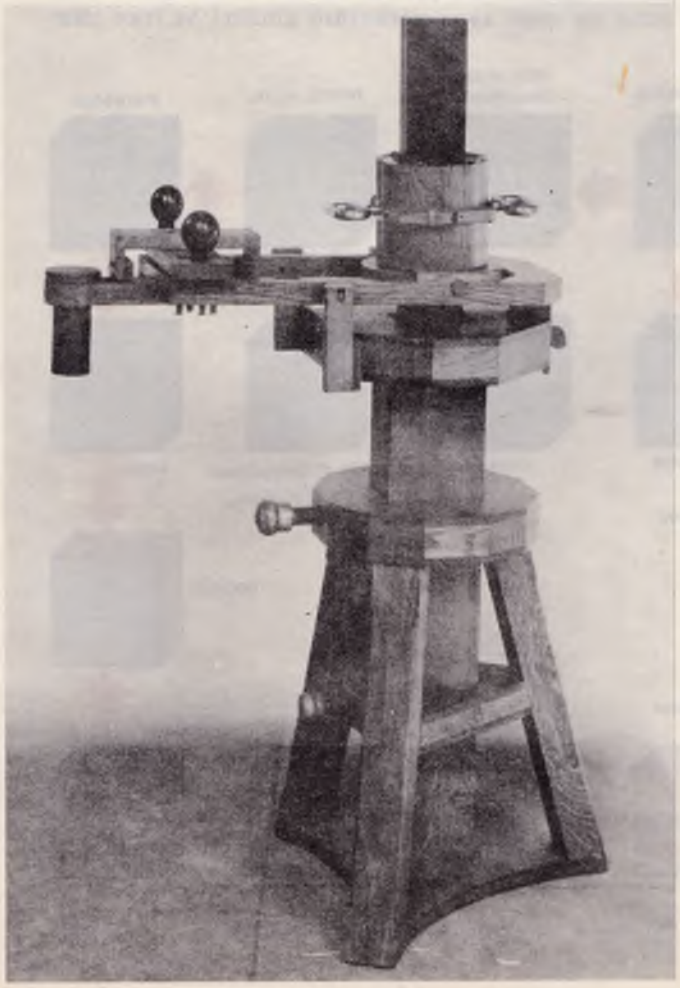
XIX. yüzyılın başlarında, gökbilime büyük ilgi duydu. 1801'de küçük gezegen Ceres ilk kez gözlenmiş, ama hemen Güneş'in arkasına geçtiğinden gözden yitmişti. Gauss, geliştirdiği yörünge kuramı ve o sıralarda yapılan gözlemler yoluyla, bu küçük gezegenin yörüngesini hesapladı. Gauss'un yaptığı hesaplara dayanılarak, gezegen yeniden bulundu. Gauss, gök mekaniği konusunda yaptığı çalışmaların tümünü, 1809'da *Gökcisimlerinin Hareketlerinin Kuramı* adlı yapıtında açıkladı.

1817'de Gauss, yeryüzündeki büyük toprak parçalarını incelemek için jeodezi çalışmalarına başladı. Yöneticisi olduğu gözlemevinin Yer üstündeki yerini tam bir duyarlıkla bulmak ve Hanover kentini üçgenlere ayıran bir nirengi planı hazırlamak istiyordu. 1847'de tamamlanan Hanover haritası, bölgenin ayrıntılarını tam olarak vermemesine karşılık, eğri yüzeylerin matematiği ve ölçme teknikleri konularında önemli gelişmelerin ortaya çıkmasına ve Gauss'un *helyotrop*u bulmasına neden oldu. Helyotrop güneşten gelen ışınların, uzaktaki bir gözlemciye aynadan yansıtılmasıyla, duyarlı açı ölçümüne olanak veren bir aygıttı.

Gauss, 1828 yılında, Berlin'deki uluslararası bir konferansta, daha sonra elektrikle ilgili çalışmalarıyla ün kazanacak genç bilgin Wilhelm Weber ile tanıştı. Biraz bu tanışmadan ötürü, biraz da sağlığının bozulması nedeniyle Gauss, arazi çalışmalarını bir yana bırakıp, deneysel fizikle, özellikle de yerküre magnetizmasıyla ilgilenmeye başladı. Faraday'ın elektromagnetik *indüksiyon*u bulduğu yıl (1831), Weber, Göttingen'e gelip Gauss'la birlikte çalışmaya başladı. İki bilgin, elektromagnetizma alanındaki araştırmaları ve akım ölçümlerinde pusula iğnesinden yararlanmaları sonucu, 1833'te çalışmalarını elektrikli telgrafa yönelttiler.

Matematik profesörü Carl Friedrich Gauss (sağda üstte)

Faraday'ın elektromagnetik indüksiyonu buluşundan yararlanarak, Gauss ve Weber'in birlikte yaptıkları (1833) ilk telgraf aygıtı. (sağda altta) Aygıt, bobinin hareketini bir sinyale dönüştürmektedir.



Bir mıknatıs üstünde hareket eden büyük bir bobin, elektrik akımlarının oluşmasına yolaçıyordu. Uzun kablolarla başka yerdeki bir bobine iletilen bu akımlar, bir pusula ibresini saptırıyor, böylece bir alıcı görevi yerine getirilmiş oluyordu. Gauss ve Weber, Göttingen'de, gözlemevi ile fizik laboratuvarı arasında bir telgraf hattı kurdular. Telgraf aygıtı, sonraki yıllarda Morse ve başka kişilerce geliştirildi.

GAZ Bk. MADDE (Özellikleri)

GAZETE HAZIRLANMASI

Gazete, ilk olarak XVII. yüzyılda, broşür halinde ortaya çıktı. Bu broşürlerin o zamanki işlevleri, haberlerin ve yorumların halka ulaştırılmasıydı; ama kısa süre sonra reklamcılar da, bu aracın yararını anladılar. Endüstri Devrimi'nin getirdiği teknik gelişmeler ve XIX. yüzyılda gazeteciliğin gelişmesi, günümüzdeki gazetelerin doğmasına yolaçtı. Gazetecilikte yararlanılan teknik, son yıllarda ortaya çıkan elektronik yöntemler sayılmazsa, yıllarca önemli bir değişiklik göstermedi.

İlancılık: Gazete ilanları iki gruba ayrılır: Küçük ilanlar; reklamlar. Küçük ilanlar özel gruplara ayrılır ve genellikle kendilerine ayrılmış köşelerde yayınlanır. Reklamlarsa, gazetenin herhangi bir yerinde yayınlanabilir. Bir gazetenin sayfa sayısı, yayınlanacak yazılar ile reklamların oranlarına göre ayarlanır. Reklamların mizanpajı, haberlerin gelişmesine göre belirlendiği için, her sayfadaki reklam mizanpajını gösteren bir taslak, gazetenin genel mizanpajını belirleyecek teknik sekretere verilir.

Küçük ilanlar genellikle telefonla, reklamlarsa reklam ajansları aracılığıyla alınır. Reklamlar, çağdaş gazetelerin kaçınılmaz bir parçasını oluşturur; çünkü gazetenin üretim giderleri, yalnızca satışlarla karşılanamaz.

Gazete yönetimi: Haberlerin toplanması, seçimi ve yazılması ile yorumları içeren yazıların yazılmasından, gazete yönetimi sorumludur. Bazı gazeteler, gazete yorumlarından bağımsız olarak haber yayınlarken, bazıları da, verdikleri haberlerin gazetenin yorumlarına ters düşmemesine dikkat ederler.

Gazetenin genel yayın yönetmeni, genellikle her sabah, gelen ya da beklenen haberlerin önem derecesini yardımcılarıyla tartışır; gazete kabaca tasarlanır. Haberler çeşitli kaynaklardan gelebilir. Yerel muhabirler ve uluslararası teleks sistemleri, bu haber kaynaklarının başlıcalarıdır. Yerel haberler doğrudan doğruya iç haberler masasına, uluslararası haberler ise dış haberler masasına ulaştırılır. Haber müdürünün görevi, haberleri önem derecelerine göre seçmektir. Çünkü, bir gün içinde, bir gazetenin alacağından çok fazla haber gelebilir.

Haberlerin genel akışının dışında, çeşitli konulardaki makaleler, yorumlar ve günlük fıkralar, ma-

kale ve fıkralardan sorumlu müdürün, fotoğrafların sağlanması ve seçimi ise fotoğraf bölümünün görevleri arasındadır.

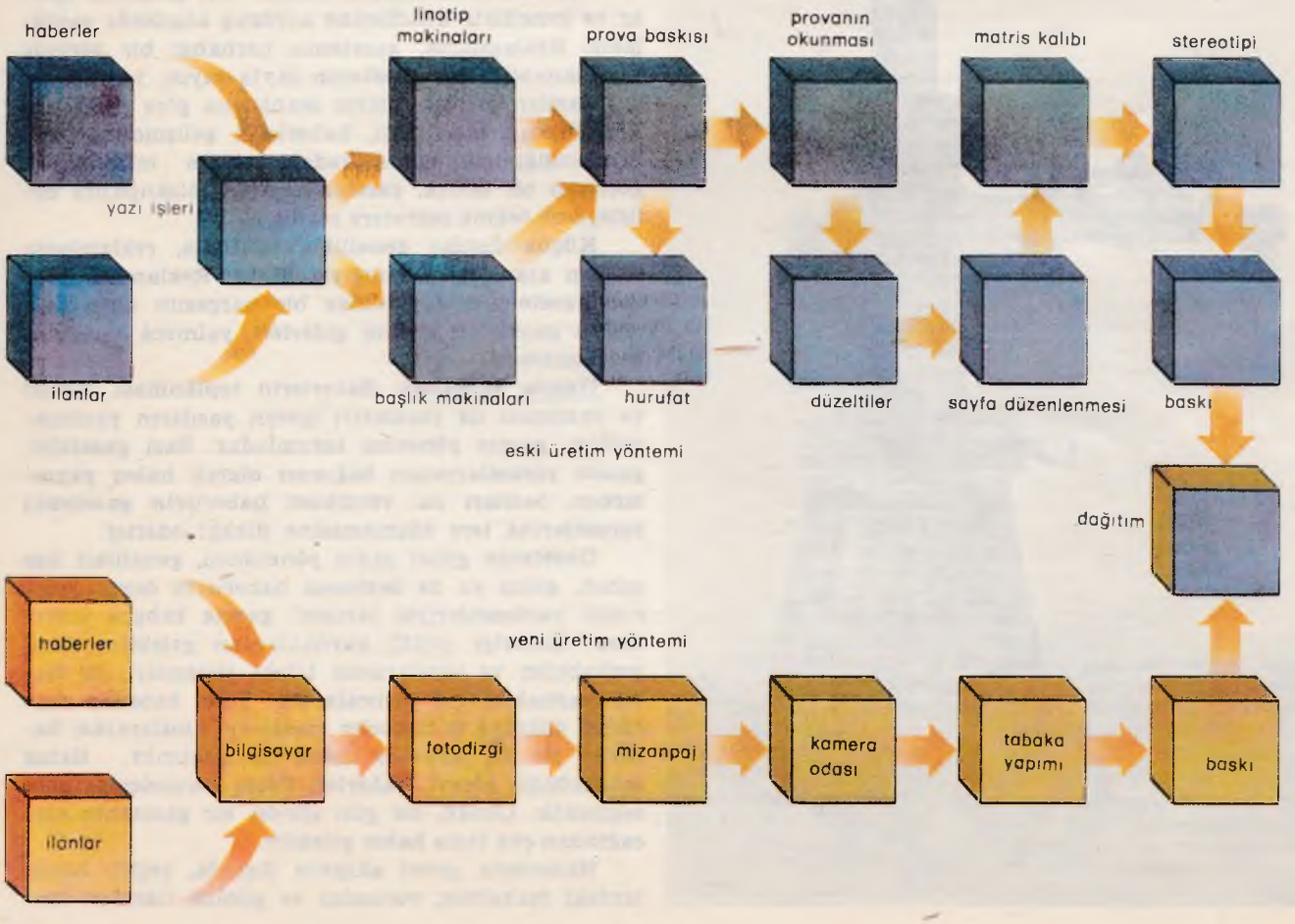
Haber nasıl alınır: Haberler, merkez bürodaki ve yerel bürolardaki muhabirlerden yurt içi ve yurt dışı haber ajanslarından, gazetenin yurt dışı muhabirlerinden gelir. Teleks ya da telgraf odasında, dünya haberleşme şebekesi kapsamında, sürekli olarak haber ve resim geçilir. Teleks makinalarını, hattın öteki ucundaki klavyeler çalıştırır. Bu sistemde, RADYO bağlantıları ve kıtalararası denizaltı kabloları kullanılır. Resimlerse, iletici makinanın silindirine fotoğrafın konulmasıyla gönderilir. Silindir döndükçe, fotoğrafın siyah-beyazları, değişen yoğunluktaki elektronik güçlere dönüşür; bunlar da, sistemin öteki ucunda, ışığa duyarlı kağıt taşıyan bir silindirde, fotoğraf haline getirilir.

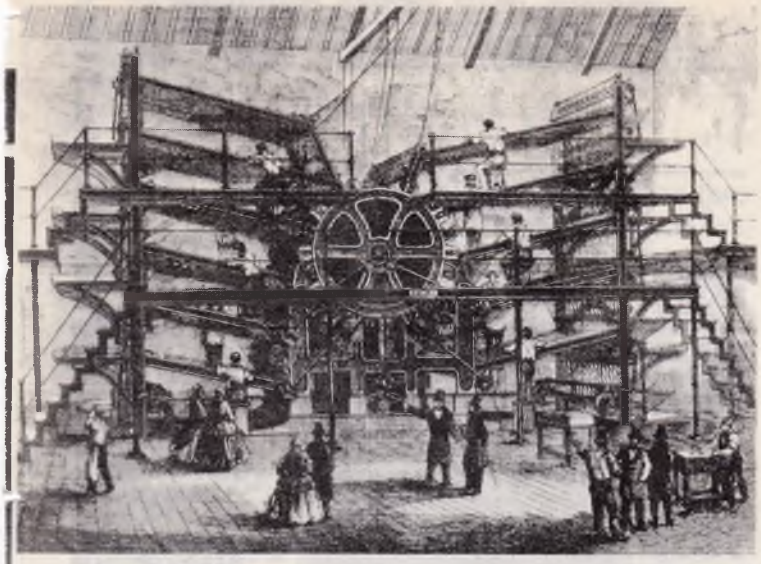
Başlıca teleks hizmeti yapan kuruluşlar Reuter, Associated Press (AP) ve United Press International'dır (UPI). Bunlardan başka, ulusal kuruluşlar, spor ve ekonomi konularında haber veren özel haber ve yorum servisleri de bulunmaktadır. Büyük gazeteler, genellikle kendi haber ajanslarını kullanırlar:. Sözgelimi, Hürriyet'in kendi haber ajansı (HHA) vardır.

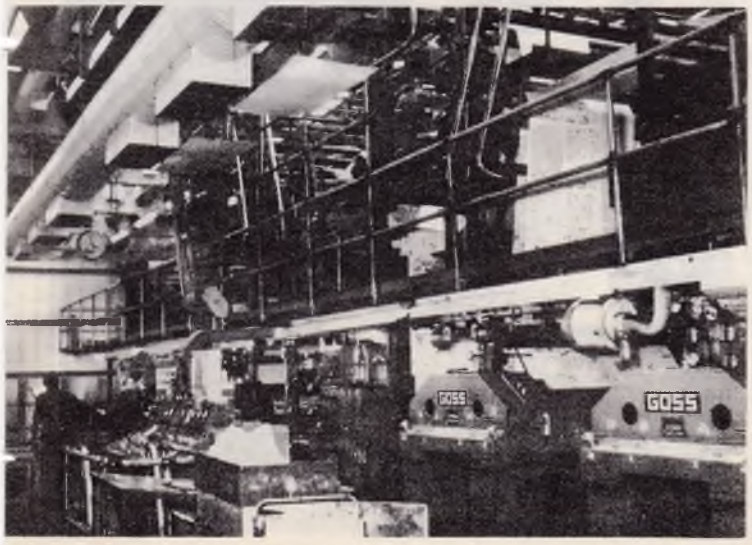
Gazetenin hazırlanışı: Gelen haber görevlilere gönderilir ve daktiloya çektirilir. 1886 yılından önce, her harf, tek tek kurşun kalıplara dökülürdü. O tarihten sonra gazete satırları, *linotip* denilen dizgi makinalarında dizilmeye başladı. Bu makinada, düğmeye basıldığı zaman, istenilen harfin matrisi, bir delikten aşağı düşer. Operatör, satırın tam uzunlukta olup olmadığını, espaslayarak denetler ve sözcükleri buna göre düzenler. Bundan sonra makina, matrislere erimiş kurşun döker; böylece bir satır oluşur. Başlıklar, genellikle aynı yöntem kullanılarak Ludlow makinasında dizilir. Ama bu makinada, matrisler elle düzenlenir.

İkinci Dünya savaşından sonra, Avrupa ve A.B.D'nde linotip makinalarında yeni teknikler kullanılmaya başlanmış, 1950'lerden sonraysa, söz konusu ülkelerde, satırları denetleme amacıyla bilgisayarlardan yararlanılmıştır. Bilgisayarlar yoluyla, linotip makinalarının üretim kapasitesi büyük ölçüde artırılarak, dakikada 10 ya da 15 satır dizebilecek düzeye ulaşmıştır.

Haber dizildikten sonra, bir *prova* çekilir ve gerekli düzeltiler için düzeltmenlere (musahhihlere) gönderilir. Düzeltilmiş kopya, mizanpaj masasında çalışan teknik sekreterlere gönderilir ve büyük bir dikkatle sayfalar hazırlanır. Fotoğraflar, sayfaya çinko bloklar halinde yerleştirilir. Bunlara *«klişe»* denilir. Fotoğraflar, bir prizma (elde edilen negatif fotoğrafın bir çeşit ayna görüntüsü gibidir) ve ince çizgi-







lere bölünmüş bir ekran yoluyla, yeniden çekilir. Ekran, ışığı, fotoğrafın ışıklı ve karanlık parçalarına göre değişen yoğunluktaki noktalara ayırır. Negatif, ışığa duyarlı kimyasal maddeler içeren bir çinko tabaka üstüne yerleştirilir. Ark lambalarından gelen parlak ışık, geçtiği yerde tabakayı kurutur. Öteki bölümler, çözünebildiğinden, yıkanarak temizlenir ve tabaka asit banyosundan geçirilir.

Hazırlanmış sayfa, baskı kalıplarının hazırlandığı *stereotipi* bölümüne gönderilir. «Matris kartonu» denilen nemli bir kağıt tabakası, hazırlanan sayfanın üstüne yerleştirilir ve presten geçirilir. Böylece elde edilen kalıba da «*matris*» adı verilir. Bükülen, kurutulan ve döküm makinasına yerleştirilen matris, 18 kg ağırlığında, gazetenin ters görüntüsünü içeren, yarı silindir biçiminde, kalın bir metal tabakanın yapımında kullanılır. Silindir tabaka, *tipo* makinasına takılır. Basılan gazetenin tirajı yüksekse, baskı birden çok makinada yapılır; bu nedenle, metal tabakaların sayısı artırılır. Günümüzde metal tabakaların döküldüğü makinalar da otomatikleşmiş ve iki dakikada yedi tabaka üretecek düzeye erişmiştir.

TİPO BASKI makinası, ortalama 30 metre uzunluğunda, 300 ton ağırlığındadır. Saatte 70 000 gazete basabilen bu makinalar, 1 ton ağırlığında, 8 km uzunluğunda kağıt bobinleriyle çalışır. Bu makinalar aynı zamanda, gazeteleri keser ve katlar, otomatik araçlarla paketleyip bağlar. Gazetelerin çoğu, kendi dağıtımlarını kendileri yaparlar. Bazılarıysa, büyük dağıtımcılara verirler.

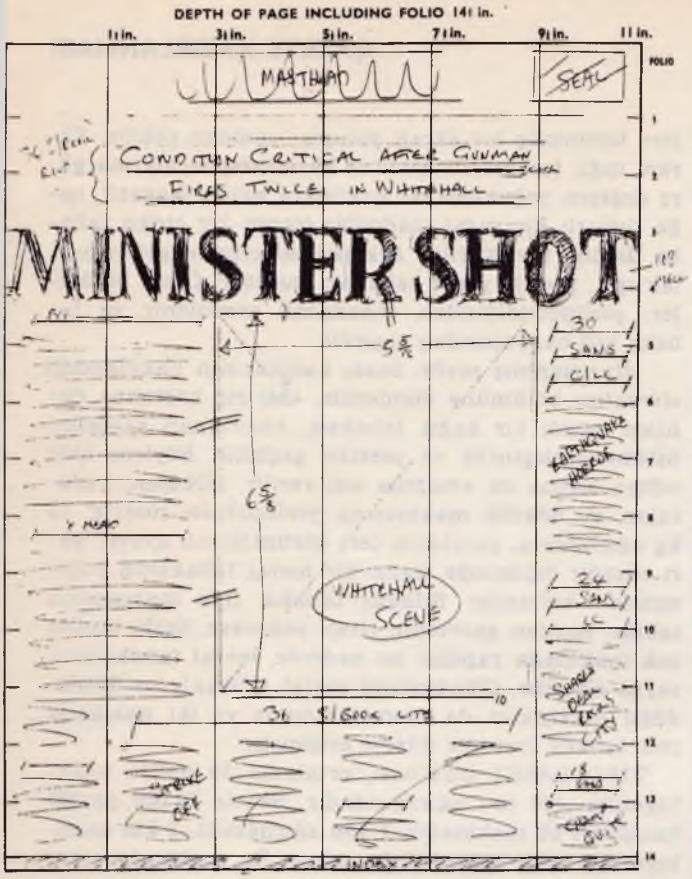
Yeni yöntemler: Yukarda açıklanan baskı teknikleri, önemli bir değişiklik göstermeden, yarım yüzyıldır uygulanmaktadır. Gazetelerin çoğunda, günümüzde de aynı teknik kullanılmaktadır. Elektronik ve bilgisayar teknikleriyse, daha hızlı üretim sağlamaktadır. Bu hızlı üretimi sağlayan yöntem, insan gücünde ve öteki giderlerde kısıntıların yapılmasına ve daha nitelikli resimlerin basılmasına yolaçmıştır. *Ofset* denilen baskı türü, gazete basımında büyük bir devrim yaratmıştır.

Baskı alanındaki gelişmelerin çok daha hızlı olduğu A.B.D'ndeki 1 761 günlük gazetenin yarısı, ofset baskıya dönmüştür. Oysa yaptıkları yatırım yüzünden, büyük gazetelerin bazıları, hâlâ tipo baskı tekniğini uygulamaktadır.

Hoe baskı makinasının patenti 1847 yılında alındı. Bu makinada ana silindirin çevresinde yan silindirler bulunmaktadır. Makinanın hızı, kağıdın makinaya verilme hızına bağlıdır. Fotoğrafı görülen makina (solda üstte), 1860 yılında İngiltere'de yayımlanan Daily Telegraph'ın basımında kullanılmıştır. 30 ton ağırlığındaki bu makina, saatte 25 000 gazete basabiliyordu.

Elektronik denetim ve gözden geçirme bölümü. (solda ortada)

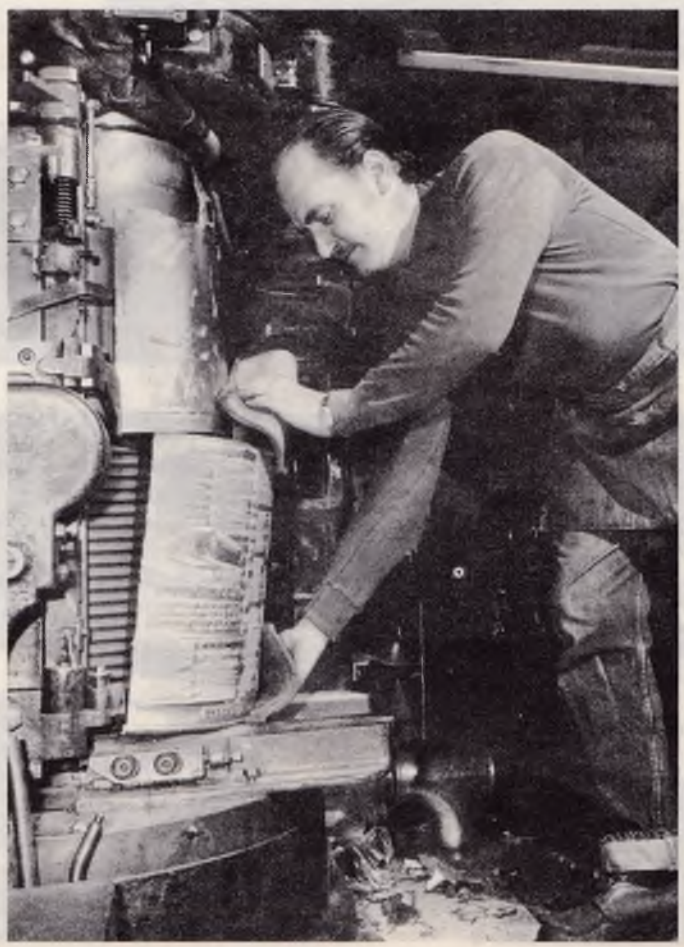
Yorkshire Post Newspapers Ltd. şirketinin basım bölümü. (solda altta)



Yazıların ve resimlerin nerelere konulacağının saptanması amacıyla hazırlanan sayfa taslağı. (üstte solda) Bu ilk taslakta, başlıkların boyutları ve yazılara ayrılacak yerler de saptanır.

Sayfanın ilk provası. (üstte sağda) Başlıklar, satırlar ve kolonlar hazırlanmıştır. Bu kalıpla gazete baskısı yapılırken, her baskı için kalıp indirilip kaldırılıyordu; rotatiflerin kullanılmasıyla, bu yöntem ortadan kalktı.

Yarım silindir biçimli metal tabaka (sağda), tamamlanmış gazete sayfasının ters görüntüsünü içerir. 18 kg ağırlığında olan bu tabaka, kalıp makinasında sayfa görüntüsü alır ve baskıda kullanılır.



Ofset baskı tekniği, linotip makinanın ve sıcak metal işlemlerinin yerine, FOTODİZGİ makinasının kullanılması temeline dayanmaktadır. Giderlerinin aynı olmasına karşılık, fotodizgi makinasıyla yapılan baskı, ötekinden on kez hızlıdır. Mizanpajcı, sütunları kullanarak, gazete sayfasının montajını yapar. Montaj işleminden sonra, sayfanın fotoğrafı çekilir ve negatif film, ofset tabakasına (ışığa duyarlı maddeler içeren bir alüminyum tabaka) geçirilir. Bu tabaka girintili çıkıntılı değildir. Tabakanın üstüne su ve mürekkep sürülür; görüntülerin bulunduğu yerler mürekkebi alır, ama suyu çekmez. Bundan sonra görüntü, bir kauçuk tabakasına, oradan da kağıda aktarılır. Fotoğraf yöntemleriyle üretilen ve matris yapımında kullanılabilen ya da doğrudan doğruya

Daily Mail

WIN A CAR FORTNIGHT Page 12

Condition critical after gunman fires twice in Whitehall

MINISTER SHOT

Daily Mail Reporter

A GOVERNMENT Minister was shot down by a gunman in Whitehall last night.

As two policemen disarmed the attacker a police car rushed the unconscious Minister across Westminster Bridge to St Thomas's Hospital where his condition was later said to be critical.

Witnesses said two shots were fired by a fair-haired young man dressed in a black shirt and jeans. He was dragged, struggling, to Cannon Row police station and questioned by Special Branch men. He is thought to be an American.

Bodyguard

Earthquake hits five more cities

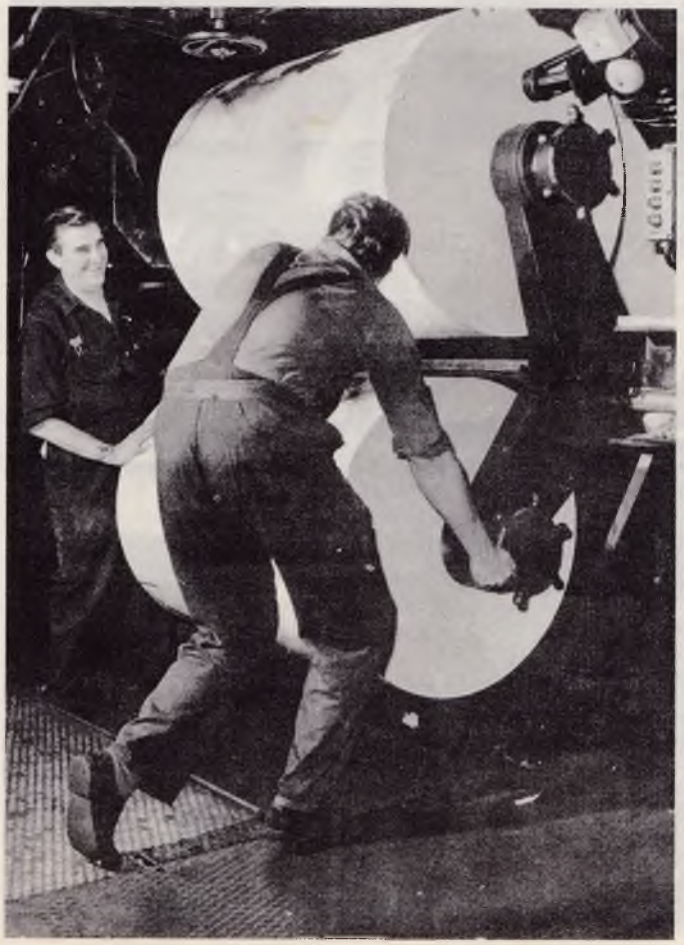
Share deals halted by City probe

Engineers' strike called off

Airwaits

Admitted

I'll quit, says new champion



Sayfa kalıbından matris alınması. (üstte solda) Kurşun kalıp, «matris kartonu» denilen yumuşak maddeye bastırılır; böylece, sayfanın kalıbı kartona çıkmış olur.

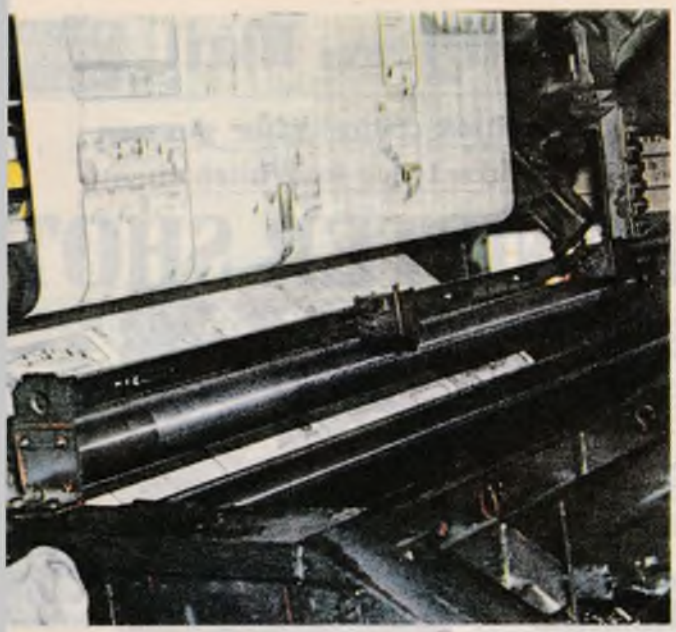
Birinci sayfanın son hali. (üstte sağda)

Kağıt bobinlerinin baskı makinasına takılışı. (solda) Üçüncü hamur kağıdı denilen bu kağıt, kağıt hamurundan yapılır. Elde edilmesi için ağaç kütükleri öğütülür; ağacın kimyasal maddelerle kaynatılması gibi pahalı bir yöntem kullanılmaz. Kağıt bobinlerinin uzunluğu 8 km, ağırlığı 1 tondur. Baskı makinası, saatte 70 000 gazete basabilir.

---

linotipe monte edilebilen baskı kalıpları da geliştirilmiştir.

Ofset baskı tekniğinin geliştirilmesi, elektronik ve bilgisayar alanlarından daha çok yararlanılmasına yolaçmıştır. Günümüzde dakikada 500 satır dizebilen fotodizgi makinaları yapılmıştır. Bu sistemde haberler, magnetik disklerde (Bk. BİLGİ SAKLAMA) toplanır ve televizyon ekranına benzer katot ışını tüplü bir videoda gösterilir. Bilgisayardaki kopya, istenildiği zaman gözden geçirilir, düzeltilir ve günün koşullarına göre gerekli değiştirmeler yapılır. Düzeltmeler yapıldıktan sonra, haber, doğrudan doğruya fotodizgi makinasına gönderilir. Öteki yöntemlerdeyse, «KARAKTER TANIMA» denilen teknik uygulanır. Bu teknikte yazılar, özel bir makinada yazılır ve fotodizgi makinasında okunur. Emek ve zaman açısından büyük kazanç sağlayan bu makina, metal



Washington Evening Star (A.B.D.) gazetesinin baskı dairesinden görüntüler. (üstte ve altta) Baskı makinası en az 50 yıl kullanılabilir. A.B.D'nde birçok gazete, ofset baskıya dönmüştür; ama büyük gazeteler, yapmış oldukları büyük yatırımdan ötürü, hâlâ tipo baskı sistemini kullanmaktadır.

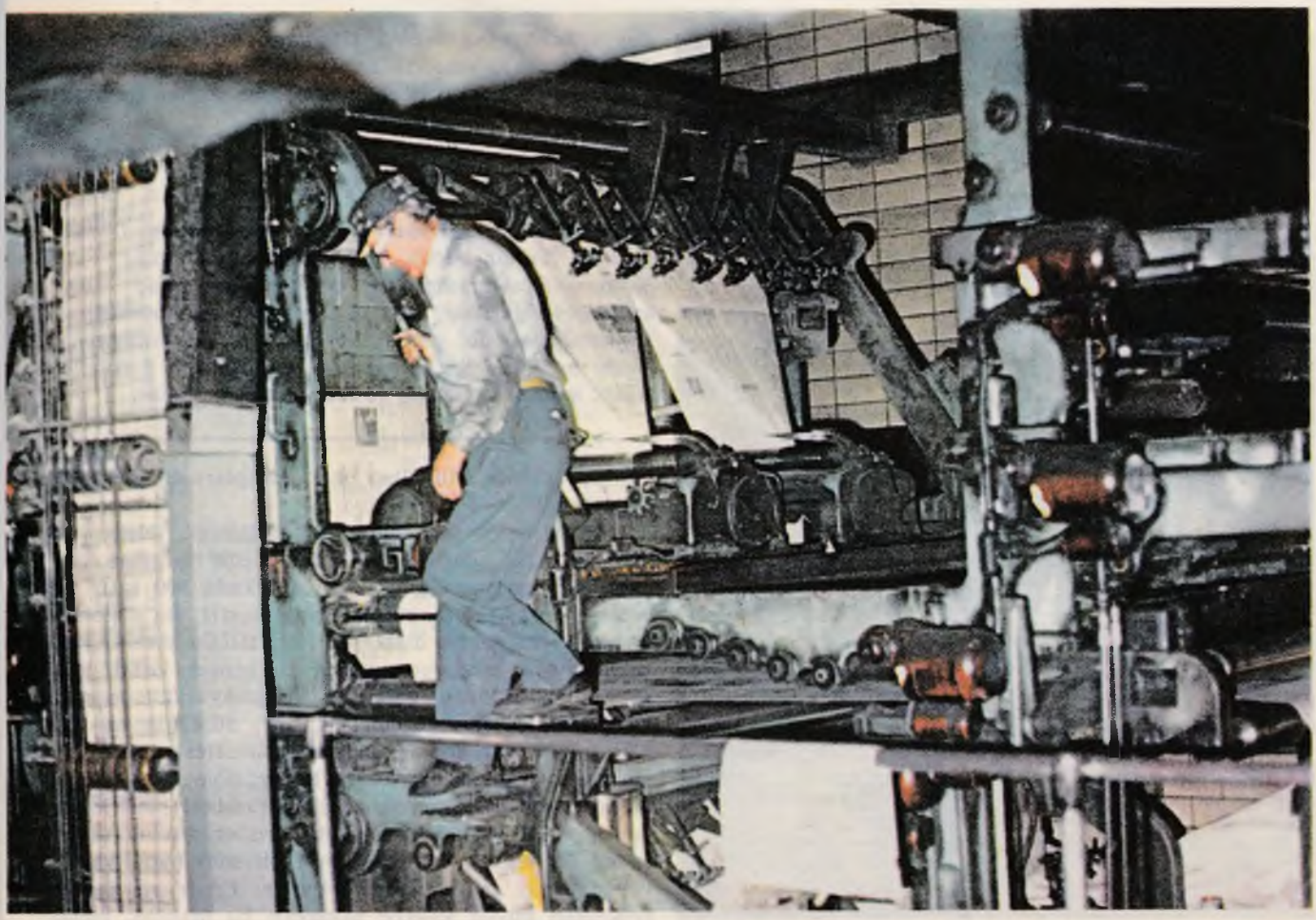
dökme işlemi, yeniden okuma, dizgi hatalarını düzeltme gibi işlemleri ortadan kaldırmasının yanı sıra, bilgisayarda yazıların saklanmasına da olanak verir.

Birçok mizanpaj işlemini gereksiz kılacak, yeni fotodizgi makinaları geliştirilmektedir. Bu makinalarla, metal tabakalar lazer ışınlarıyla işlenecek, böylece, sayfa negatifi üreten kamera yerine, doğrudan doğruya dizgi makinası kullanılacaktır. Günümüzdeki baskı tekniğinin yerini, yakın bir gelecekte, KSEROGRAFİ tekniğine benzeyen ELEKTROSTATİK tekniğinin alacağı düşünülmektedir.

Gazete kağıdının günden güne daha az bulunması ve fiyatının artması ile gazete dağıtımının ve ulaşımının getirdiği zorluklar gibi sorunlar, gazetecilik alanında yeni tekniklerin yaratılmasına yolaçacak öteki nedenlerdir.

GAZLA AYDINLATMA

Eski Çin'de aydınlanma amacıyla doğal gaz kullanıldığı bilinmektedir; ama Avrupa'da gazla aydınlatma, ancak XVIII. yüzyılın sonlarında, modern gaz endüstrisinin gelişmesini sağlayan, kömürden gaz üretimiyle birlikte ortaya çıktı.

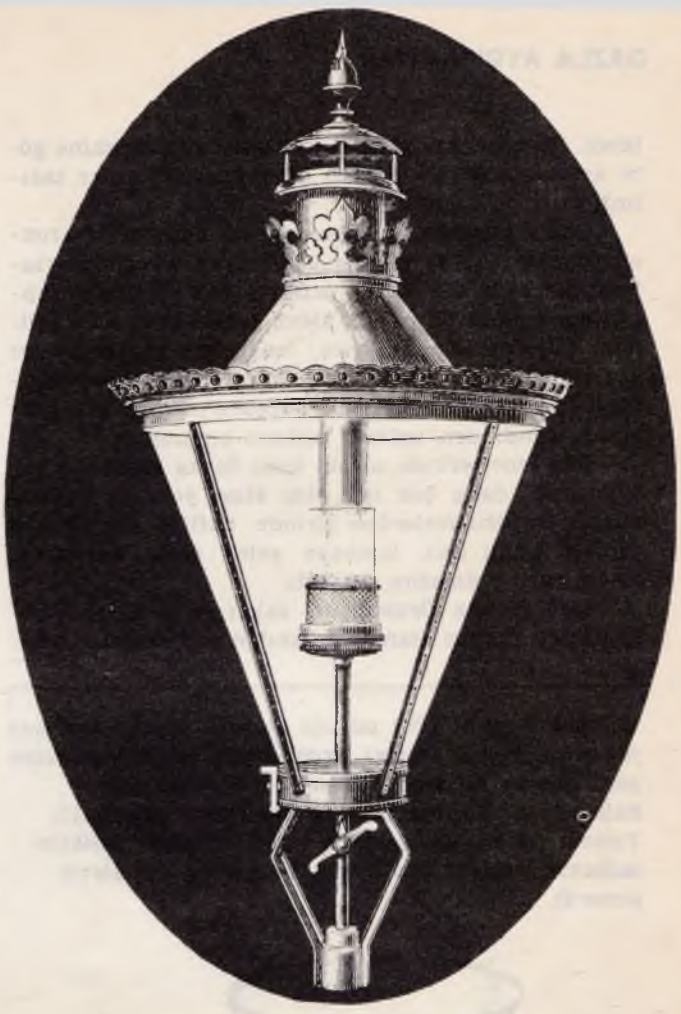


Jean Pierre Minckelers ile Philippe Lebon'un Fransa'da yaptıkları çalışmalardan sonra 1792 yılında İskoçyalı William Murdock, evinin arkasında kömür gazı üretme amacıyla bir sistem kurdu. Altı yıl sonra da Soho'da (Birmingham) ilk deneysel gaz aygıtını geliştirdi.

Kömürden gaz üretme düşüncesinin Murdock'un aklına, evinde kömür ateşini izlerken geldiği söylenir. Kömürün üstünde yükselen gaz alevlerini görünce, sıcak bir parça kömür alıp piposuna koyarak üstünü kapatmış ve piponun arkasından çıkan gazın yandığını görmüştür.

Kömürden gaz elde etme ve gazla aydınlatma konusunda, Murdock'tan önce de deneyler yapılmıştı. Bu alanda ilk akla gelen kişi 1688'de çalışmalarına başlayan İrlandalı Dean Clayton'dur. 1765 yılında da Spedding adlı bir kömür madeni işleticisi, bürolarını gazla aydınlatmış, ama gazlı sokak lambaları yapma önerisi kabul edilmemiştir.

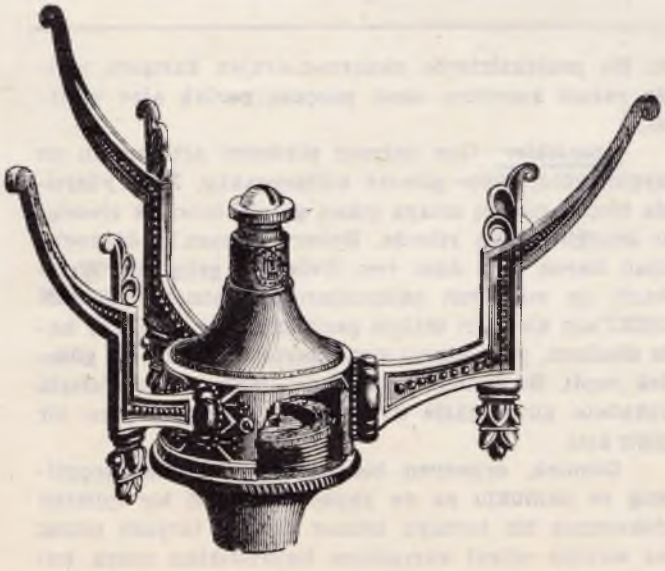
Fenerler: İlk gaz fenerleri, üstünde delikler bulunan demir borulardı. Bunları, çeşitli biçimde ve büyüklükteki fenerler izledi. Ne var ki, demir fenerler çok çabuk paslandığından, pirinç olanlar yeğlenmeye baş-



Argand tipi gaz lambalarından, Sugg'ın 1882 yılında geliştirdiği bir model. (sağda) Alevin sıcaklığından, gelen havayı ısıtmada yararlanılan bu fener, böylece daha parlak ışık verir. Fenerin gaz tüketimi saatte 1,7-1,98 m³'tür.

1900 yıllarında kullanılan gaz fenerlerinden bazıları. (altta sağda) Asılı duran fener, Argand feneridir. Ötekiler (soldan sağa), akkor lamba, sahne aydınlatmasında kullanılan bir lamba ve yalın alevli lambadır.

Sugg'ın «Christiania» feneri ile ayar düğmesi. (altta solda)



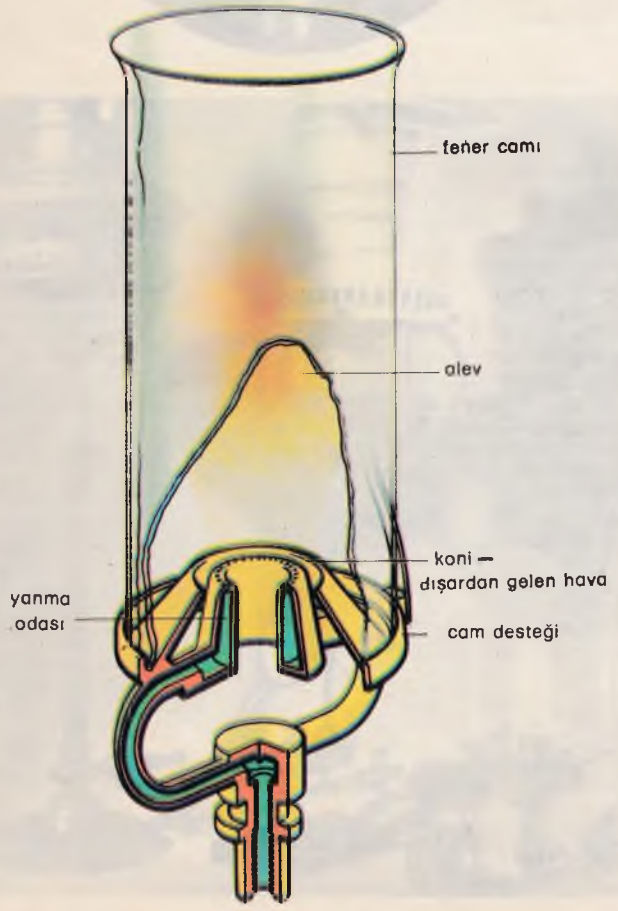
landı. Bu fenerlere genellikle, alevlerinin biçimine göre «yarasa kanadı», «sıçan kuyruğu» gibi adlar takılırdı.

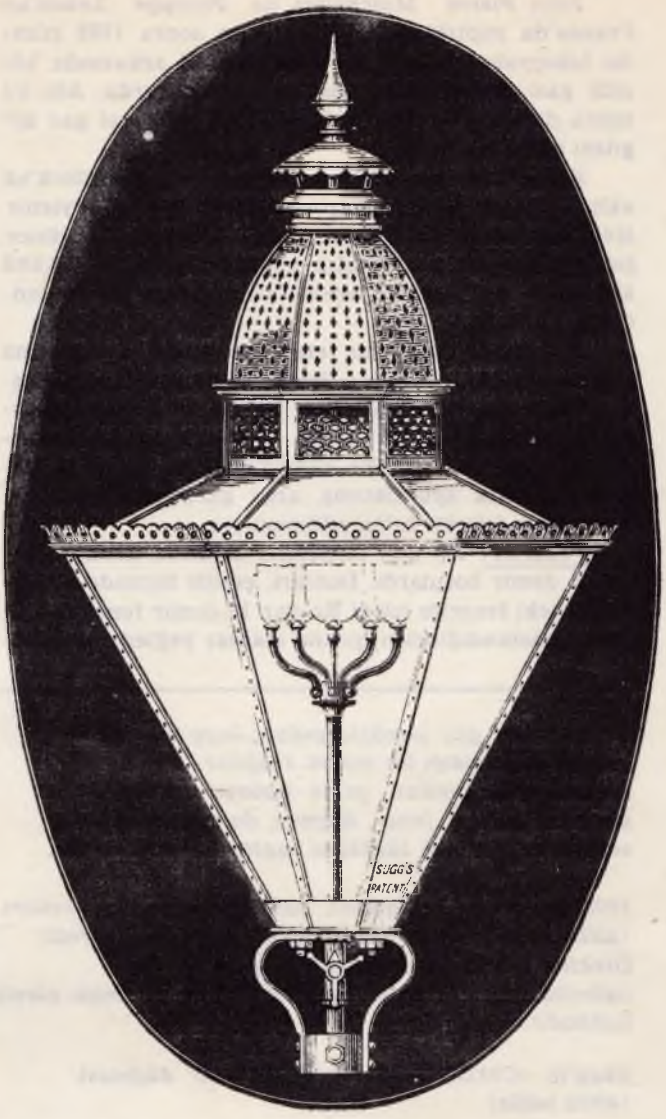
Gazla aydınlatma alanında en başarılı tasarımcılardan biri, 1858 yılında aşınmayan *steatitten* (sabuntaşı: 1 000°C'a kadar ısıtılırsa çok sertleşir) yaptığı daha sıcak ve parlak alevli feneri geliştiren William Sugg'dır. Sugg ayrıca, fenerlerde gaz basıncını ayarlayan düzenekleri de geliştirmiş ve gazın yanması için gereken havanın önceden ısıtılmasını sağlayan, *kendinden ısıtmalı* sistemi bulmuştur.

Gaz fenerlerinde, alevin içine başka maddeler katılmasıyla, daha çok ışık elde etme yolu da denenmiştir. Bu denemelerden birinde, hafifçe ısıtılan kâfurdan çıkan gaz, lambaya gelen gazla karışarak, alevin parlak olmasını sağlardı.

1825 yılında Drummond, salon ve SAHNE IŞIKLARI'nda yaygın olarak kullanılan projektörleri yaptı. Bu projektörlerde oksijen-hidrojen karışımı içinde yanan kalsiyum oksit parçası, parlak alev verirdi.

William Sugg'ın 1869 yılında yaptığı Argand tipi gaz fenerinin kesiti. (altta) Argand yağ lambası ilkesine göre çalışan bu fener, deniz fenerlerinde çok kullanılırdı. Yanma bölmesi steatitten yapılmıştı. Yanma işlemi için gereken hava, ortadaki delikten sağlanır, böylece gaz, büyük ve parlak bir alevle yanardı.





William Sugg'ın «Westminster» sokak feneri. (üstte)

Gömlekler: Gaz ışığının şiddetini artırmanın en uygun yolu, *akkor gömlek* kullanmaktır. XIX. yüzyılda birçok modeli ortaya çıkan gömleklerin ilk elverişli örneğini, 1885 yılında, Robert Bunsen'in öğrencisi olan Baron Carl Auer von Welsbach geliştirdi. Welsbach, on yıl süren çalışmalarından sonra, BUNSEN BEKİ'nin alevinin üstüne geçirildiği zaman akkor hale dönüşen, yani alevin sıcaklığıyla ışıldayan bir gömlek yaptı. Bu buluş, o dönemde elektrik lambalarıyla rekabete giren gazla aydınlatma alanında, yeni bir çığır açtı.

Gömlek, erimeyen bir halkanın üstüne geçirilmiş ve pamuklu ya da yapay ipek gibi bir iplikten dokunmuş bir torbaya benzer. Torba, toryum nitrat ve seryum nitrat karışımına batırıldıktan sonra ku-

rutulur. Dokuma yakılır ve geriye % 99 toryum ile % 1 seryumdan oluşan bir iskelet kalır. Gömlek, gaz alevinin üstüne yerleştirilir ve ısınınca parlak, yeşilimsi renkte bir ışık verir. Gömlekler, üretimden sonra, kullanılıncaya kadar bozulmamaları için *kollodyum*la (tetranitroselüloz) işlem görürler. İlk yanışta, kollodyum da yanarak ortadan kalkar.

Günümüzde de, sıvılaştırılmış bütan ya da propan gazı (LPG) gibi yakıtlar içeren tüplerin aydınlatma amacıyla kullanılmasında, bu tür gömleklerden yararlanılır.

Ters gaz fenerleri: Gaz fenerlerinin önemli sakıncalarından biri, ışığın büyük bir bölümünün yukarı yönelerek, çalışma ya da okuma alanını yeterince aydınlatmamasıydı. Sorun, fenerin tersine çevrilmesiyle çözülebilirdi; ama o zaman da, etkili bir ışık elde etmek için, *yanma ürünlerini*, fenere giren havadan ayırmak gerekiyordu. 1900'lerde, havayı yanmış gazlardan ayıran seramik yönlendiriciler kullanılarak sorun çözümlendi. Ayrıca, bu yöntemle, ısının yönü de değiştirilerek, fenerin kararması önlenmekteydi.

Gazlar: Gazla aydınlatma genellikle kömür gazıyla, doğal gaz bulunan yerlerdeyse, doğal gazla yapılır. Gazın boruyla iletilemeyeceği yerlerde (sözgelimi gemiler, trenler ve deniz fenerleri), çeşitli tüplere depolanmış gaz kullanılır. Günümüzde bu amaçla bütan ya da propan gazı kullanılmasına karşılık, petrolden türetilen ilk gaz, Almanya'da tren vagonlarının aydınlatılmasında kullanılan ve Julius Pintsch tarafından elde edilen *Pintsch gazı*dır. Bu gaz XIX. yüzyılın sonlarında Avrupa ve Kuzey Amerika'nın her yerinde yaygın olarak kullanılmıştır.

Gazla aydınlatmanın yaygın bir türü de, ASETİLEN LAMBASI'dır. Bu lambalarda, kalsiyum karbürün suyla etkileşmesi sonucu açığa çıkan asetilen gazı yanar. Asetilen A.B.D'nde kent ışıklandırmasında da çok kullanılmış, elektrik ışığından önce, 300 kadar kent asetilenle aydınlatılmıştır.

GAZ MASKESİ

Gaz maskeleri, özellikle apansız tehlike durumlarında, takanı zehirli ya da zararlı dumanlar ile gazlardan koruma amacıyla kullanılır. Hem yangın söndürme ekiplerinin korunmasında, hem de endüstride, bir güvenlik donatımı olarak yararlı olmaktadır. Ayrıca, askerlere ve savaş zamanında (sivil savunma örgütleri tarafından) sivillere dağıtılır.

İlk askeri gaz maskeleri, Birinci Dünya savaşın-

Birinci Dünya savaşı sırasında, 12 Ağustos 1917 günü, Fransa'da, Lille hastanesi önünde, cepheye gitmeden önce denetimden geçirilen Alman sağlık ekipleri. (sağda üstte)
Birinci Dünya savaşında, mesaj taşıma görevi yapan köpeklere, o zamanlar kullanılmakta olan zehirli gazlardan etkilenmemeleri için gaz maskeleri takılırdı. (sağda altta)

da Almanların kimyasal madde kullanmaları sonucu ortaya çıktı. Bu maskeler, yüze takılan bir maske ile sırtta taşınan bir kutuya uzanan bir borudan oluşurdu. Boru ağza yerleştirilerek soluk ordan alınır, bir burun kıskacıyla da, burundan soluk alma engellenirdi. Sırttaki kutunun içinde bulunan kömür, havanın içindeki zararlı öğeleri süzerdi.

İki Dünya savaşı arasında, gaz maskeleri geliştirildi ve daha kullanışlı bir hale sokuldu: Maskenin yüze daha sıkı oturması sağlanarak, burun kıskacı ortadan kaldırıldı: askerlerin ateş altında büyük bir hedef oluşturmaması için, sırt kutusu yana alındı. Ne var ki, İkinci Dünya savaşında iki taraf da, karşı tarafın gazdan korunabildiğini ve aynı biçimde karşılık verebileceğini bildiklerinden, gaz kullanmadılar.

1960'larda A.B.D. ordusu, «M-17» adı verilen yeni bir gaz maskesiyle donatıldı. Bu yeni maskede, boru

Bir askeri gaz maskesi. (altta) Bu maske, Birinci ve İkinci Dünya savaşlarında kullanılmış maskelerin geliştirilmiş bir türüdür. Dışardan giren hava, filtre yastığı ile çevresindeki soğurucu maddeden geçmektedir. Zararlı ve zehirli gazlar, bu yolla soğurulup temizlenir. Dışarı verilen hava, maskenin önündeki supaptan atılır. Yangın söndürme ekipleri, daha değişik maskeler kullanır.

1939 yılında gaz maskesi takmış bir Alman anne ve çocuğu. Bebeğin maskesinin filtresi, arabanın koluna takılmıştır. (üstte)

1939 yılında bebeklerin korunması için kullanılan maskeli tulumlardan biriyle yapılan kullanma eğitimi. (altta)

ve sırt kutusunun yerini, kömür ve filtre kağıdı içeren bir parça almıştı.

Gaz maskelerinde çoğunlukla selüloz, asbest ve benzeri lifli maddelerden yapılmış filtreler kullanılmaktadır: ama en iyi süzme, odun kömürüyle sağlanır. Odun kömürü, havayı iyice temizleyebilmektedir. 1918'de maskelerde, karbon monoksidi karbon dioksite çevirerek zararsız hale getiren «*hopkalit*» adlı bir KATALİZÖR kullanılmıştı. O tarihten bu yana, maskenin, kullanılacağı koşullara göre belirli zehirleri soğurması için, odun kömürünün içine karıştırılan birçok yeni madde geliştirildi. Bunların içinde, zehirli maddelerle birleştiklerinde, söz konusu maddeleri zararsız hale getiren bazı kimyasal maddeler de bulunmaktadır. Sözgelimi, asitli dumanlara karşı alkaliler ya da amonyak gazına karşı bazı ağır metal bileşimleri, çok yararlı olmaktadır.

Endüstride kullanılan gaz maskelerinde, iyi işlenmiş ve gerekli maddelerle karıştırılmış kömür gerekir. «PVC» diye tanımlanan polivinil klorür ve benzeri plastik maddeler, yandıklarında zehirli gaz çıkarırlar. Poliüretan köpüğü yapımında kullanılan tolüen di-izosiyanat da, dumanı akciğerler için son derece zararlı olan tehlikeli bir kimyasal maddedir. Kullanıcıyı bu gibi tehlikelerden koruyacak filtrelerin, çok dikkatli hazırlanması gerekir. Kömürlü filtreler, zamanla, soğurdukları maddelerle doymuş olacaklarından, belirli sürelerde değiştirilir. Bazı kimyasal maddeler ve dumanlar, deri için de zararlıdır. Bu yüzden, maskelerin yanı sıra, koruyucu giysiler de kullanılır.

GAZ SAYACI

Gaz sayaçları, gaz üretim endüstrisinde, gazın hacimsel olarak akış miktarını ölçen araçlardır. Uygulamaya göre değişen çeşitli türleri vardır. Çok büyük debilerin ölçüleceği yerlerde, sözgelimi gazhane çıkışlarında ya da büyük tüketim merkezlerinde, döner (türbinölçer ya da türbinliölçer gibi), orifisli ve ısı kapasiteli sayaçlar kullanılır.

Günümüzde küçük endüstri kuruluşlarında ve evlerde, *pozitif yer değiştirmeli* sayaçlar kullanılmaktadır. Bunlar, sağlam ve çok duyarlı aygıtlardır. Parayla çalışan ya da önceden ayarlanan sistemlere kolayca uygulanırlar.

Tarihçe: İlk gaz sayacı, 1815'de Clegg tarafından yapılmıştır ve «*ıslak sayaç*» diye nitelenir; çünkü, aygıtın çalışması için, belirli nicelikte su ya da başka bir sıvıya gereksinim vardır. Sıvılı sayaçlar, yüzyılı aşkın bir süre endüstride kullanılmış, ama artık yerlerini, büyük ölçüde *kuru sayaç*lara bırakmışlardır.

Islak sayaçlar temel olarak, ölçme tamburu, gövde ve sayıcı mekanizmasından oluşurlar. Ölçme tamburu, bir eksen çevresinde rahatça dönebilecek biçimde yataklanmış ve üç ya da dört radyal bölmeden yapılmıştır. Tambur, yarıya kadar su dolu bir kap içine yerleştirilir. Her bölme için bir tek giriş ve bir tek çıkış yolu vardır. Bölmelerin yerleştiriliş biçimi, her bölmenin yalnızca bir tek geçiş yolunun su düzeyi üstünde kalmasını sağlar. Giriş yolu suyun üstünde bulunan bölme, sayaca giren gazı içine alır: buna karşılık, içerdiği suyu dışarı iter. Böylece, bölmenin giriş yolu su düzeyinin altına inene kadar, tambur döner: ama, bu kez bir başka bölme su yüzüne çıkacağından, aynı işlem yinelenir ve dönme hareketi sürekli olarak sağlanmış olur. Bu hareketle, birinci bölmedeki gaz, giriş yolundan giren suyla dışarı atılır. Bölmelerin hacmi bilindiğinden, sayıcı mekanizmasıyla

Bu pozitif yer değiştirmeli sayaç (üstte), düşük akış miktarlarının ölçüleceği yerlere çok uygundur. Çoğunlukla evlerde kullanılır.

Laboratuvar aygıtı olarak kullanılan bu duyarlı ıslak sayaç (altta), başka sayaçları deneme ve ayarlamada kullanılmaktadır.

tambur dönümleri sayılarak, aygıttan çıkan gaz ölçülebilir.

Bu tür sayaçların duyarlığı, su düzeyine bağlıdır. Bu yüzden, suyun buharlaşması sorun yaratır. Ayrıca, buharlaşan su, gaz boruları içinde gazın cep yapmasına neden olur; bu da «titrek alev»e yolaçabilir. Kış mevsimindeyse, donma sorunu vardır. Söz konusu sakıncalarına karşın, uzun yıllar duyarlıkla çalışmış yalın ıslak sayaçlar yapılmıştır. Bu tür sayaçlar günümüzde öteki sayaçların denetlenmesinde ve ayarlanmasında kullanılmaktadır.

Pozitif yerdeğiştirmeli sayaçlar: Yeni pozitif yerdeğiştirmeli sayaçlar, 1830 — 1850 yıllarında geliştirilen ilk örneklere dayanmaktadır. Bunlar, sırayla boşalıp dolabilen iki odacıktan oluşur. Gaz akımını ölçen her odacığın giriş ve çıkış musluklarının, çok yollu valfla tersine çalışması da sağlanır. Odacıklarda yer değiştiren hacim bilindiğinden, gazın akış oranı ölçülebilir.

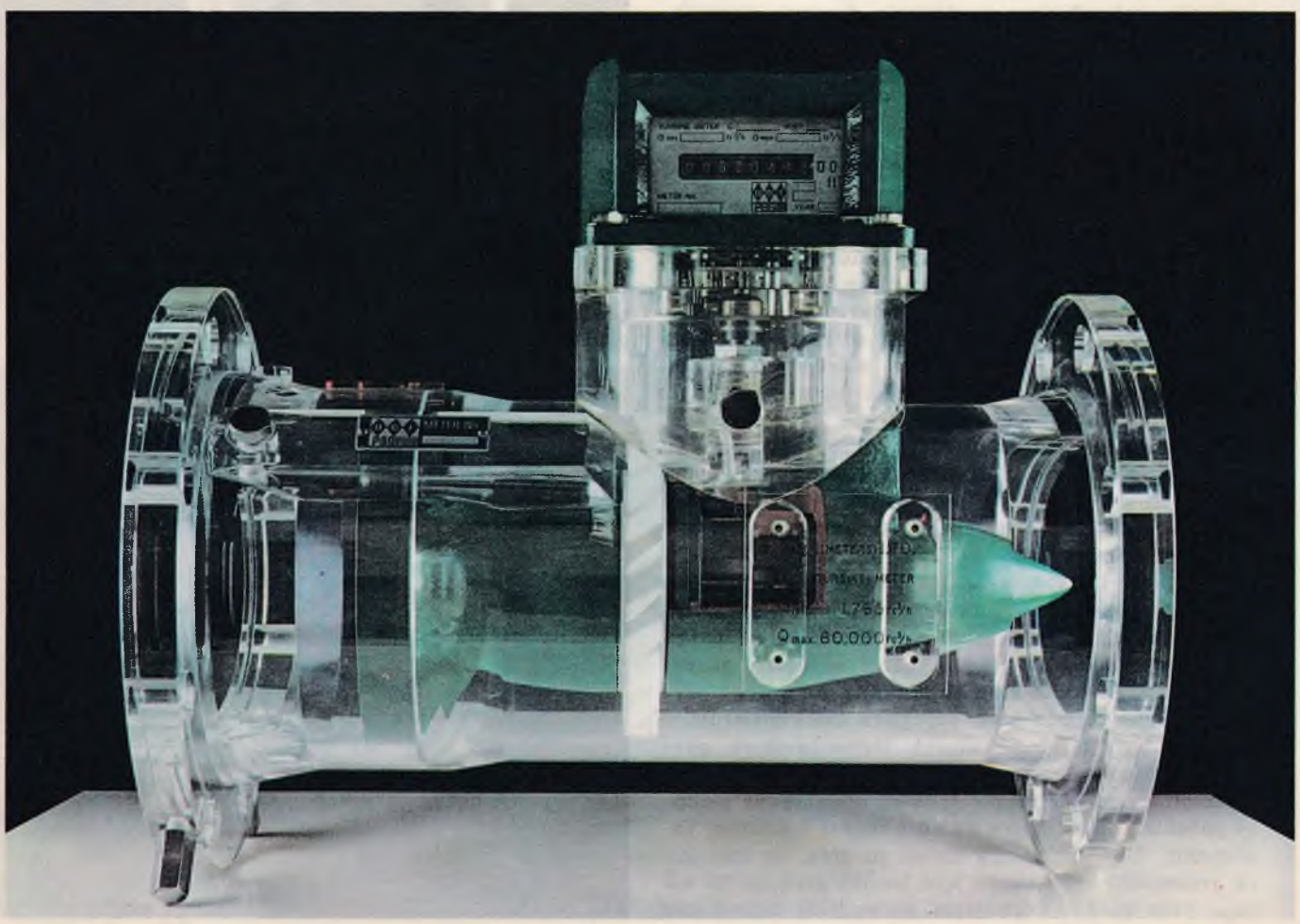
Yeni türlerde odacıklar, gerilip gevşeyebilen deri (yüksek nitrit kauçuğu gibi sentetik maddeler) diyaframla birbirlerinden ayrılırlar. Ayrıca, gaz akışını sürekli kılabilmek için, iki odacık bir birim içine yerleştirilir. Bu sayaçların, düşük akışlarda duyarlığı yüksektir; kolayca takılabilirler; az bakım gerektirirler ve uzun yıllar duyarlıklarını korurlar.

Döner sayaçlar: Döner sayaç, dikkatle biçim verilmiş, birbiriyle bağlantılı iki ya da üç fırıldaktan oluşur. Fırıldaklar, özel yuvalar içine, sistemden gazın ölçülmeden geçemeyeceği biçimde yerleştirilir. Sayaca giren gazın basıncı, fırıldağı, fırıldak da, sayıcı mekanizmasını döndürür. Fırıldağın her dönüşü, sayaçtan geçen belirli bir gaz hacmini belirtir.

Sürtünme kuvvetlerinin az olduğu yüksek hızlarda, bu tür sayaçlarda oluşan basınç yitimi çok küçüktür. Aygıt, çeşitli malzemelerden yapılabilir; ne var ki, gaz içinde bulunan artık maddeler (sözgelimi su buharı), aygıtın kolayca aşınmasına neden olur. Hassas teknik gerektirdiklerinden, bunların maliyetleri biraz yüksektir.

Endüstri uygulamalarında, son yıllarda türbinli sayaçlara yer verilmektedir. Bunlar, gazın yarattığı basınçla dönen bir türbinden oluşur. Mekanik ya da elektronik bir alıcı, basınçta ve sıcaklıkta ortaya çıkan değişmeleri algılayarak, sayaç üstündeki okumaları buna göre düzeltir. İki ev sayacı büyüklüğündeki

Türbinli sayacın içi. (altta) Yeşil renkli koni, gelen gazı türbin kanatları (beyaz) üstüne yöneltir. Türbin şaftı, ya sürekli bir sayıcıya ya da geçen toplam hacmi gösteren herhangi bir sayıcıya bağlıdır.



bu tür sayaçlar, oda büyüklüğündeki ölçme sistemlerinin yerini almıştır.

Parayla çalışan mekanizmalar: Önceden ödeme yapılan mekanizma, ilk olarak 1887'de ıslak sayaçlara uygulanmıştır. Sayaç, yalnızca önceden ödenen ücret karşılığı kadar gaz geçirecek biçimde ayarlanır. Ödenen ücret, gaz göstergesi üstünde belirtilir; tüketim bunu aştığı anda, otomatik olarak gaz musluğu kapanır. Parayla çalışan sayaçlar da benzer türdendir; ama bunlarda, geçmesi istenen gaz niceliği, tüketici tarafından ayarlanır. Aygıta paranın atılıp, bir anahtarın çevrilmesiyle, geçecek gaz niceliği kayıt edilmiş olur.

GAZ TÜRBİNİ Bk. JET MOTORU VE GAZ TÜRBİNİ

GAZ ÜRETİMİ

Modern gaz endüstrisinin kökeni, XVIII. yüzyılın sonlarında GAZLA AYDINLATMA'nın ortaya çıkışına dayanır. Ancak, gazın ısınma ve yemek pişirmede kullanılışı, XIX. yüzyılın ikinci yarısına kadar yaygınlaşmamıştır.

Kömürden gaz üreten ticari amaçlı ilk kuruluş, İngiltere'nin Birmingham kentindeki Boulton ve Watt şirketiydi. Matthew Boulton ve James WATT tarafından kurulan bu şirkete, William Murdock, bir buhar makinası kurucusu olarak alındı. Murdock'un deneysel çalışması, şirketin gaz endüstrisiyle ilgilenmesine yolaçtı.

Boulton ve Watt 1814'te gaz yapmayı bıraktılar; gaz endüstrisindeki gelişmeyi daha sonra, Londra'daki Gas Light and Coke şirketi sürdürdü. Bu şirket, gazı üretim merkezinden müşterilere boru şebekesiyle dağıtan ilk sistemi gerçekleştirdi.

Gaz, başlıca üç biçimde kullanılır: *Havagazı* («kömürgazı» da denir); sıvılaştırılmış *petrol gazı*; sıvılaştırılmış *doğal gaz*. Bunlardan doğal gaz, günümüzde en önemlisidir.

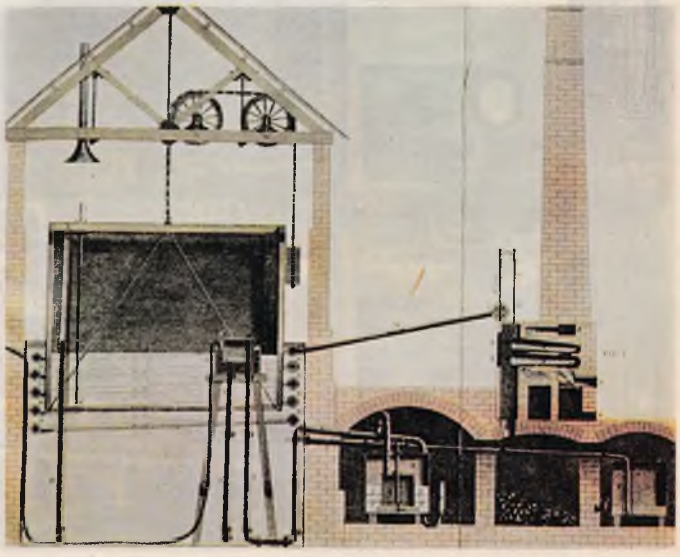
Havagazı: Havagazı, kömürün *karbonlaştırılma*sıyla elde edilir. Bu yöntemde, gazı elde etmek için kömür, havasız bir ortamda ısıtılır. Havagazının yanı sıra, çeşitli yararlı yan ürünler de elde edilir. Kömürü oluşturan en önemli elementler, karbon, hidrojen, oksijen, azot ve kükürttür. Havagazının temelini de, hidrojen ve karbon oluşturur.

Havagazının bileşimini etkileyen birçok etmen vardır: Kullanılan kömürün cinsi; üretim sırasındaki sıcaklık; içinde kömürün karbonlaştırıldığı imbiğin türü; vb. Kömürden elde edilen ham gazı kullanıma uygun hale getirmek için, amonyak, hidrojen sülfür, hidrojen siyanür, katran ve çeşitli HİDROKARBON'lar gibi istenmeyen bileşiklerden arındırmak gerekir. Bu amaçla ham gaz, çeşitli arıtma aşamalarından geçirilir.

Arılaştırılmış havagazı, karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), etilen (C_2H_4), benzen (C_6H_6) ve oksijenin (O_2) yanı sıra, yaklaşık olarak % 50 hidrojen (H_2), % 25 metan (CH_4) ve % 10 azot (N_2) içerir.

İlk damıtma aygıtları (karniler), demir kaplardan yapılırdı. Bu aygıtlar dayanıklı değildi ve damıtma sıcaklığı çok düşük olduğu için, elde edilen gaz nispeten azdı. Çok geçmeden, ateşe dayanıklı kaplar geliştirildi; böylece, karbonlaştırma sıcaklığı 950°C'a yükseltilebildi.

Karbonlaştırma: Kömür genellikle, gaz üretim tesislerine kömür ocaklarından getirilir. Bu tesislerde önce, uygulanan özel karbonlaştırma sistemine uygun büyüklükte kırılır; sonra, içinde damıtma aygıtlarının yeraldığı yapının üstünde bulunan, dibi açılan kovalara aktarılır ve damıtma aygıtlarına boşaltılır. Düşey ve yatay olabilen damıtma aygıtları, düşük nitelikli havagazıyla ısıtılan bir ısıtma odasıyla çevrilidir. «*Siemens gazı*» da denen düşük nitelikli havagazı, birçok yöntemle elde edilir. Bu yöntemlerin tümünde, havanın ya da hava ile buharın, kok ya da



XIX. yüzyıl başlarında, Londra'daki Gas Light şirketinde, damıtma aygıtlarının yüklenmesi. (üstte) Gas Light and Coke şirketinin gaz tesisi. (altta)

linyit gibi ısıtılmış bir yakıt içinden geçirilmesi söz konusudur.

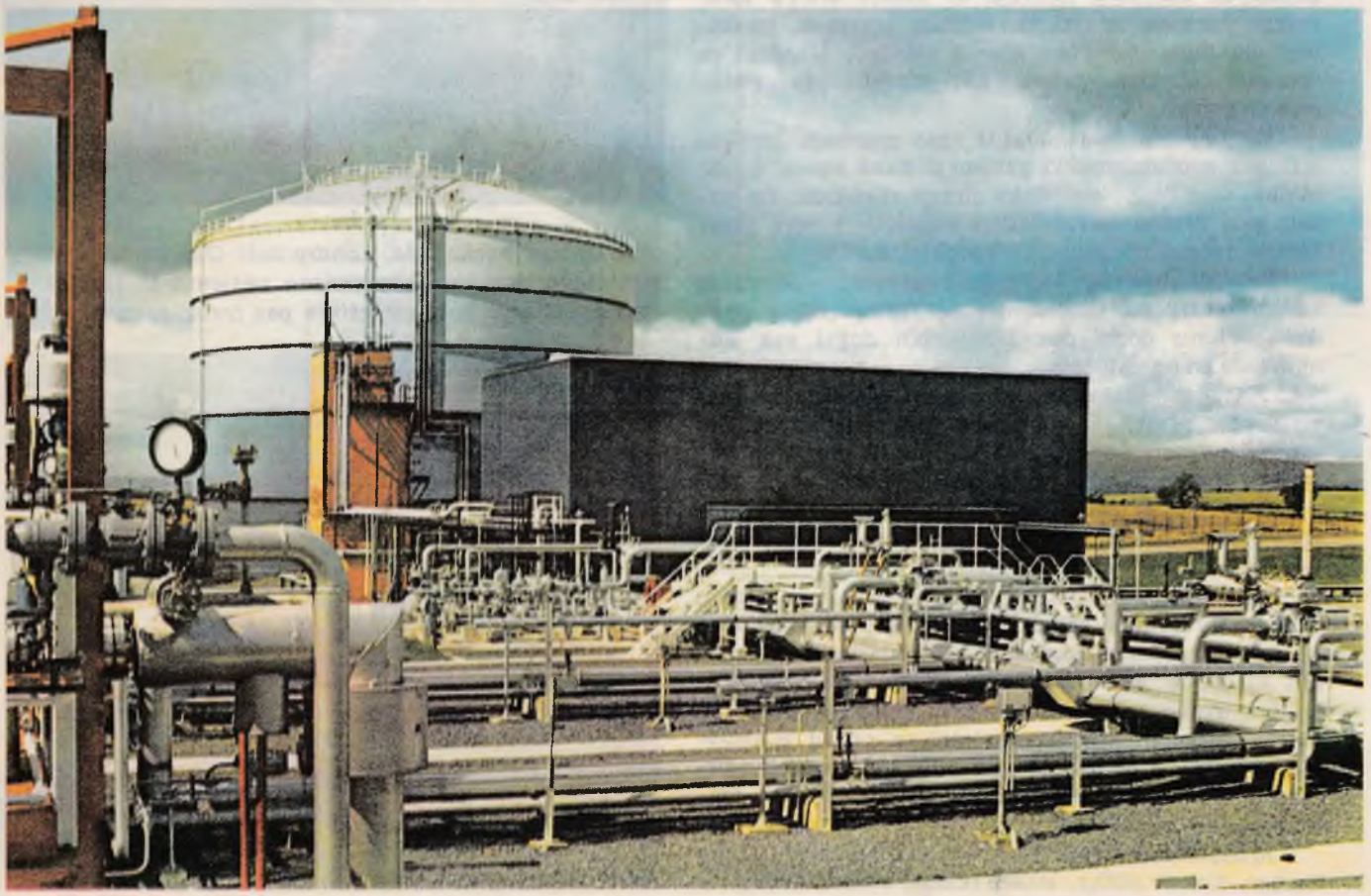
Damıtma aygıtları, dayanıklı bir maddeden yapılır. Bunlarda kömür, yaklaşık 1350°C'a kadar ısıtılır. Isı etkisiyle, gaz, su buharı ve katranlı duman verir. Gaz, gözenekli yumuşak bir yapıya dönüşen kömürün (kok kömürü) tabakaları arasından geçer.

Gaz, su buharı ve katranlı duman, damıtma aygıtından, içinde oldukça önemli miktarda katranlı duman biriken *gazojen*lere geçer. Gaz ve artık maddeler oradan, sıcaklığı düşürülmüş bir yoğuşturucuya (kondansör) gelir, katran ve *amonyak çözeltisi* yoğuşturulur. Sonra bunlar, bir gazometreye yollanır. Amonyak çözeltisi, gazdaki öteki artık maddelerin ve amonyağın büyük bir bölümünün su buharında çözünmesiyle ortaya çıkar ve içinde fenol ile çeşitli kükürt ve hidrojen bileşikleri bulunur. Katran ise zift,

---

Rafineri gazını ya da sıvılaştırılmış petrol gazını şehir gazı haline getirme işleminde olduğu gibi, düşük miktarda kükürt içeren ara maddeleri yeni bir biçime sokan tesis. (solda) Gaz ara maddeleri, basınç altında ve nikel katalizörün ısıtılmasıyla, yeni biçimine sokulur.

İskoçya'da bir doğal gaz sıvılaştırma tesisi. (altta) Doğal gaz, depolanmak için sıvılaştırılır. Tesisin kapasitesi 28 milyon m³'tür.



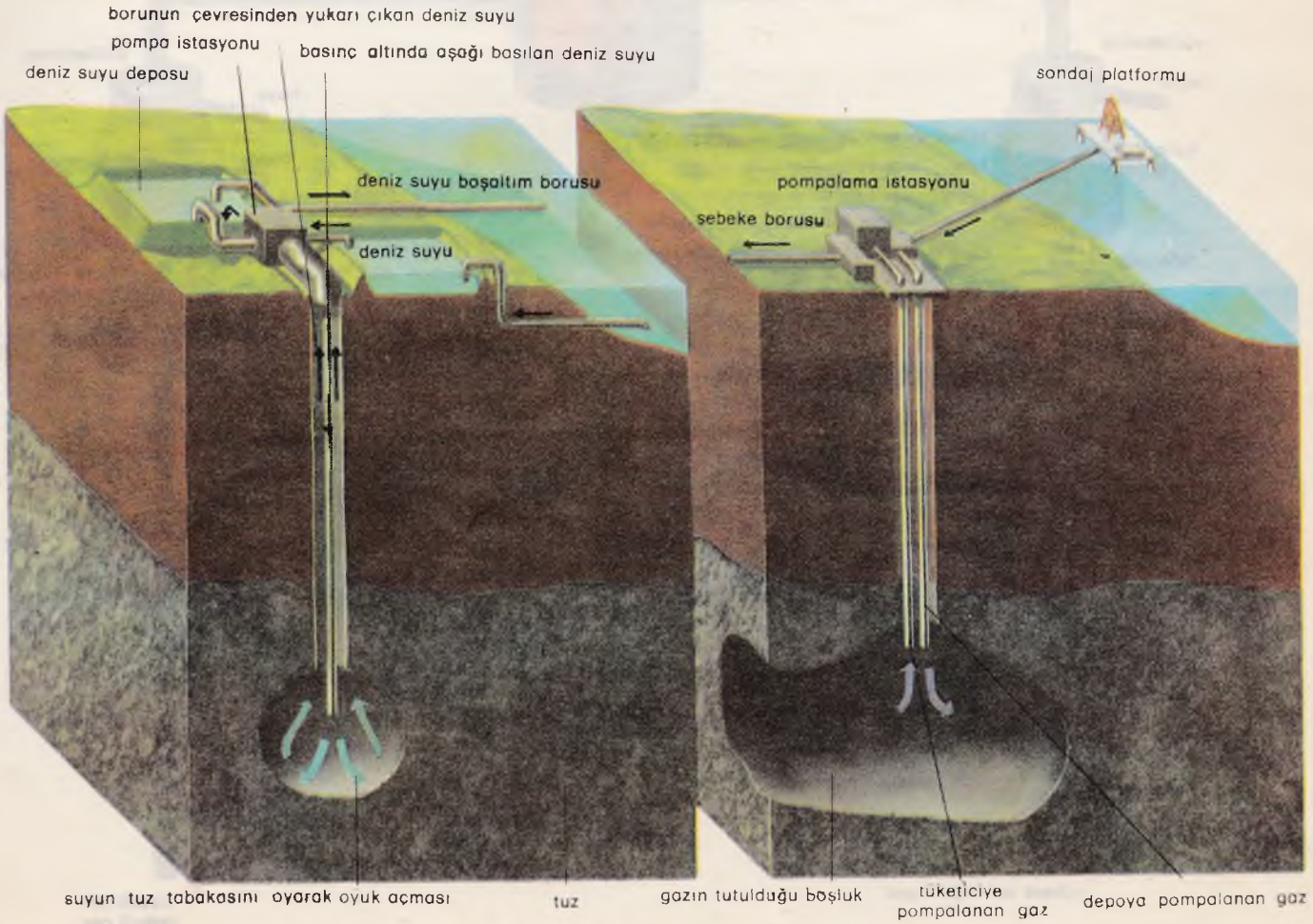
katran ruhu (kreozot), karbolik ve benzeri yağlar, nafta ve çok az miktarda su içerir (Bk. KÖMÜR KATRANI).

Bir sonraki işlem, gazın bir boşaltıcıyla, geri kalan yıkama ve arıtma bölümlerine geçirilmesidir. Oradan da bir gazometreye yollanır. İlk yıkayıcıda gaz, seyreltik amonyaklı sıvıyla, kalan katrandan ve ikinci yıkamada bütünüyle uzaklaştırılacak olan amonyak artıklarından arıtılır.

İkinci arılaştırma aşaması, hidratlı demir oksitle kaplanmış ızgaraların üstünden geçirme yoluyla, hidrojen sülfürün (H_2S) gazdan uzaklaştırılması işlemidir. Demir oksit, hidrojen sülfürü tutar ve demir sülfüre dönüştürür. Son aşama, naftalin ve benzenin uzaklaştırılması için, yağ ile gazın yıkanmasıdır. Daha sonra gaz, dağıtma borularında ortaya çıkabilecek paslanmayı en aza indirmek için, kalan nemden

Yandan ateşlemeli bir fırının içi. (ustte) Doğal gaz ve sıvılaştırılmış petrol gazı gibi hidrokarbon ara maddelerinin yeniden işlenmesiyle, şehir gazı üretilen bu tesiste, aynı zamanda, amonyak ve metanolun bireşimiyle, bireşim gazı da üretilebilir.

Bir yeraltı doğal gaz deposunun çizimleri. (altta) Soldaki çizim, gazın depolandığı boşluğun nasıl yapıldığını göstermektedir. Boşluk, tuz tabakası içindedir ve deniz suyuyla tuzun yıkanmasıyla ortaya çıkarılır. Yapımı tamamlanınca, boşaltma sistemi kaldırılır ve yerine gaz boruları yerleştirilir (sağdaki çizim). Tesise sondaj platformlarından gelen gaz alınır ve basınç altında boşluğa pompalanır.



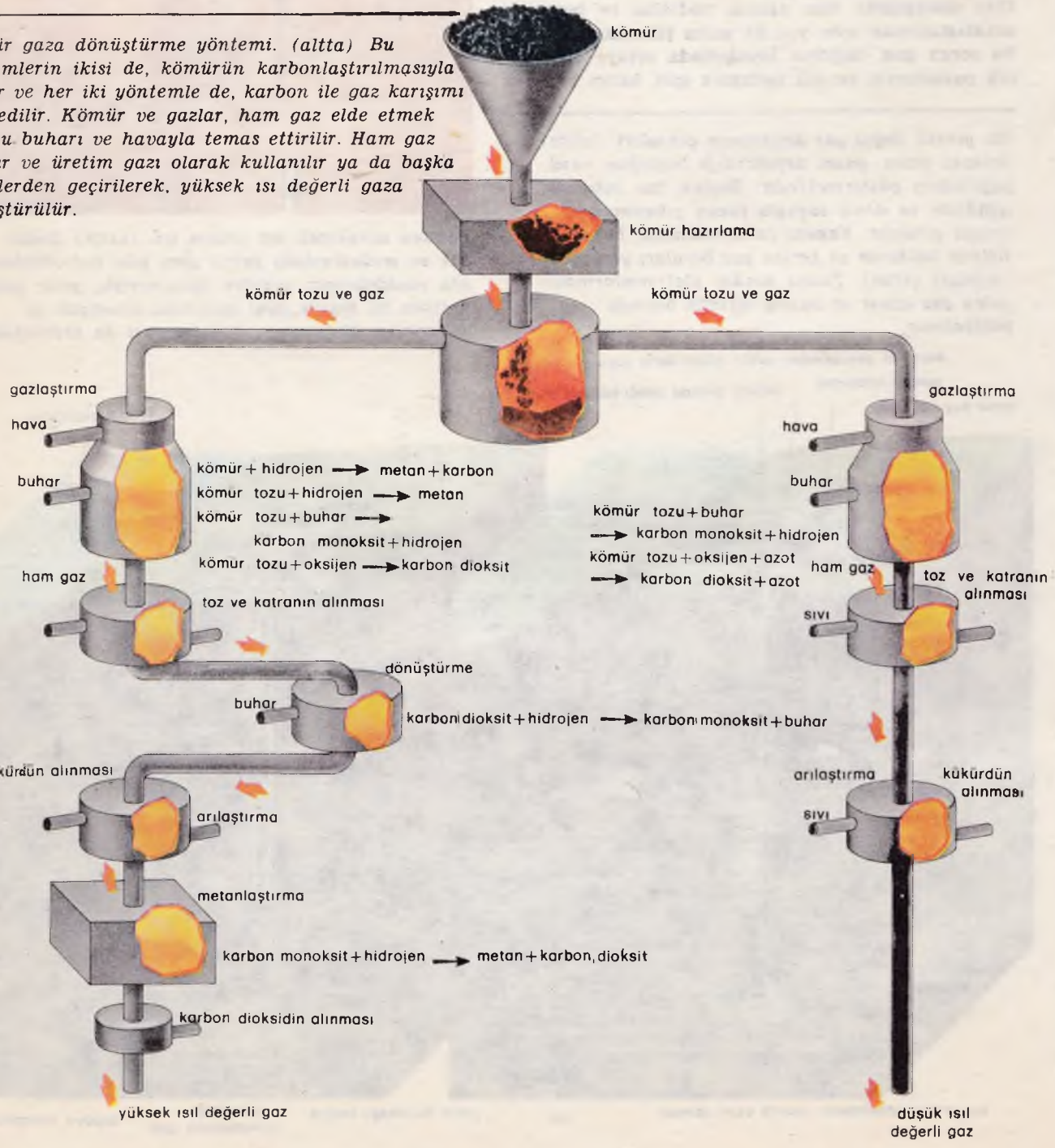
arıtma amacıyla, kurutma bölümüne gönderilir.

Başka bir karbonlaştırma sisteminde, kömür, düşey damıtma aygıtlarında, sürekli yükleme yöntemiyle karbonlaştırılır. Bu yöntemde, aygıtlara kömürün yüklenmesi ve kokun boşaltılması, kömürün kendi ağırlığından yararlanılarak gerçekleştirilir. Ayrıca, hem belirli bir alanda daha çok gaz üretilebilir, hem de ağır yükleme ve boşaltma makinalarının neden olduğu gürültü ile fırının yüklenmesi, sıcak kok kömürünün soğutulması sırasında çıkan duman ve su buharına raslanmaz.

Petrol gazı: Petrolden gaz elde etmek için uygulanan ilk yöntemde, ham petrol, su buharı kullanılarak, ısı enerjisiyle atmosfer basıncında ve 1 000 — 1 100°C sıcaklıkta çeşitli bileşenlere ayrıldı. Buna *tezleştirmesiz (katalitik olmayan) yöntem* adı verildi.

Sonradan yöntem, birçok sıvı hidrokarbon ara maddesi içerecek biçimde genişletildi. Yalnızca ısıtma yoluyla ham petrolün çeşitli öğelerine ayrılması işleminin yerini, daha elverişli olan *çevrimli tezleştirme (katalitik)* yöntemi aldı: sonuçta, iyi bir çev-

İki tür gaza dönüştürme yöntemi. (altta) Bu yöntemlerin ikisi de, kömürün karbonlaştırılmasıyla başlar ve her iki yöntemle de, karbon ile gaz karışımı elde edilir. Kömür ve gazlar, ham gaz elde etmek için su buharı ve havayla temas ettirilir. Ham gaz arıtılır ve üretim gazı olarak kullanılır ya da başka işlemlerden geçirilerek, yüksek ısı değerli gaza dönüştürülür.



rimli ve sürekli işlemler dizisi kuruldu.

Petrol gazı üretimi, makinalaşmaya ve otomatik denetime çok uygundur. Petrol gazının arılaştırılması, kömür gazına oranla (amonyak ve siyanür asidinin bulunmaması nedeniyle) kolaydır. Ayrıca, petrolün gaza dönüştürülmesi, daha az yatırım ve daha düşük işletme giderleri gerektirir. Havagazının ilk ticari üretiminden bu yana, gaz yapımı teknolojisinde ilk büyük atılım, petrol gazı üretimi olmuştur.

Tezleştirmeli yöntemde, iki amaç söz konusudur: Yan ürünlerin indirgenmiş bir ürünüyle hidrokarbon ara maddelerden gaz üretimi; buharla, ısı enerjisi kullanılarak kolayca elde edilebilene oranla, daha çok gaz elde edilmesi.

Geniş uygulaması olan çevrimsel ve sürekli yöntemler, yatırım ve ısıl verimlilik bakımından pek farklı değildir. Bununla birlikte, sürekli yöntemde, yüksek basınç uygulandığı için, daha fazla gaz elde edilir. Söz konusu yöntemin tek üstün yanı budur.

Doğal gaz: Temel maddesi metan (CH_4) olan doğal gaz, genellikle petrolün bulunduğu tabakalarla aynı yeraltı tabakalarında ve petrol rezervleriyle birlikte bulunur. Petrol, gazın yaptığı basınçla yeryüzüne çıkar. Petrol üretiminin ilk zamanlarında gaz, istenmeyen, gereksiz bir madde olarak kabul edilir ve petrol hatları boşken, borulardan geçirilip, yakılarak uzaklaştırılırdı. Oysa Çinliler doğal gazı, bambulardan yapılmış borularla dağıtarak, daha İ.Ö. 1000 yıllarında aydınlatmada kullanmışlardı.

1930 yıllarında A.B.D'nde doğal gaz, büyük rezervler bulunmasından ve borularla gaz dağıtımı teknolojisinin ilerlemesinden sonra, başlıca gaz kaynağı haline geldi. Avrupa'da ise, Kuzey Hollanda'da Gröningen'de önemli bir gaz rezervinin bulunması, İngiltere ve Hollanda arasındaki Kuzey denizi altında çok büyük miktarlarda gaz ve petrol bulunduğu düşüncesini güçlendirdi. Kuzey denizinde doğal gaz yatakları bulunduğu, 1965'te kanıtlandı. Araştırmalar geliştirildi ve kıyıya borular döşendi.

Günümüzde birçok ülkede, doğal gaz üretimi hızla artmakta, ama bu konuda A.B.D. hâlâ başta gelmektedir. İkinci sırayı S.S.C.B. alır; onu da Kanada izler. Türkiye'de de doğal gaz yatakları araştırılmış ve birkaç yatağa raslanmıştır. Ne var ki, yapılan incelemeler, Trakya bölgesindeki bir iki kuyu dışında, bunların ekonomik değer taşımadığını ortaya koymuştur.

Doğal gazın bileşimi kaynaktan kaynağa değişir. Bazılarında ağır hidrokarbonlar bulunur (bunlar, sıvı petrol gazı üretimi için uzaklaştırılır); bazılarındaysa, istenmeyen kükürt bileşikleri ve karbon dioksit vardır. Kükürt bileşikleri ve karbon dioksidin uzaklaştırılması için, gaz, işlemden geçirilir. İşlemden geçmiş doğal gaz, genellikle şu maddelerden oluşur: Etanla (C_2H_6) birlikte % 80'in üstünde metan (CH_4); yaklaşık % 1 azot (N_2). Doğal gazın özel bir kokusu yoktur. Bu yüzden, kazaları önlemek amacıyla, içine az miktarda kokulu gaz katılır.

Öteki yöntemler: Gaz üretiminde birkaç önemli yöntem daha vardır. *Su gazı* yönteminde, ısıtılmış kok kömürü içinden önce su buharı, sonra hava geçirilir. Elde edilen gaza, mavi bir alevle yandığı için genellikle «mavi su gazı» denir. *Karbüre edilmiş su gazı*, petrolü çeşitli bileşenlerine ayırmak için, su gazı üretecinden çıkan sıcak gazlar kullanılarak yapılır. Bu, zenginleştirmek için içine su gazı karıştırılmış bir petrol gazıdır.

Lurgi yöntemi, 1945'te Almanya'da ortaya çıkmıştır. Söz konusu yöntemde, düşük nitelikli maden kömüründen ya da linyitten, basınç altında su buharı ve oksijen kullanılarak, gaz elde edilir. Başlıca sıvılaştırılmış petrol gazları bütan (C_4H_{10}) ve propan (C_3H_8), petrolün damıtılmasından ve doğal gazdan arta kalan yan ürünlerdir. *Kok fırını gazı*, endüstride kok yapımının bir yan ürünüdür. *Yüksek fırın gazı*ysa, demirin eritilmesi sırasında elde edilir; buhar elde etmede, elektrik üretiminde ve fırına verilecek gazın önceden ısıtılmasında kullanılır.

GAZ YASALARI

Gaz yasaları, *ideal* ya da yetkin gazın basıncı, sıcaklığı ve hacmi arasındaki ilişkileri tanımlar. İdeal gazın moleküllerinin küçük, sert küreciklerden oluştuğu ve çarpışmalar dışında, bu kürelerin birbirleriyle etkileşimde bulunmadığı varsayılır. Gerçekte gazlar, hiç bir zaman ideal durumda bulunmaz (moleküller arasında her zaman bir çekim kuvveti vardır); ama çok düşük sıcaklıklarda, ideal duruma yaklaştıkları söylenebilir; bu durumda özellikleri, gaz yasalarıyla tanımlanan niteliklere uyar.

Boyle yasası: Ünlü İngiliz kimyacı Robert BOYLE, 1662'de bir gazın basıncı ile hacmi arasındaki ilişkiyi bulduğunu açıkladı. Buna göre, değişmez sıcaklıktaki bir gazın basıncı ile hacmi, birbirleriyle ters orantılıdır. Yani, herhangi bir sıcaklık değişikliği olmaksızın bir gazın hacmi ilk hacminin iki (ya da üç, dört, vb.) katına çıkarılırsa, basıncı ilk basıncının yarısına (ya da üçte birine, dörtte birine, vb.) düşer. Bu koşullar altında, gazın hacmi ne kadar artırılırsa, basıncı o kadar azalır.

Yukarda değinilen bu fiziksel özellikler, gazların kinetik kuramıyla kolayca açıklanabilir. Kinetik kurama göre, bir gazın, içinde bulunduğu kabın çeperlerine uyguladığı basınç, her an hareketli gaz molekülleri ile kabın çeperleri arasındaki milyonlarca esnek çarpışmanın toplam etkisi sonucu oluşmaktadır. Hacmin genişletilmesi durumunda, gaz molekülleri, kabın çeperlerine çarpmak için daha uzun bir yol almak zorunda kalırlar; dolayısıyle de, birim zaman içinde, çarpma sayısı azdır. Öte yandan, gazın hacmini küçülttüğümüz zaman, gaz molekülleri çok daha kısa bir yolu geçtikten sonra kabın çeperlerine çarparlar; dolayısıyle, birim zamandaki çarpma sayısı artar. Bu yüzden hacmi ne kadar küçültürsek, kabın çeperlerine uygulanan toplam basınç o kadar büyür. Hacim ile basınç arasındaki bu karşılıklı bağıntı, ısı enerjisini iş enerjisine dönüştüren bazı pistonlu makinalarda kullanılmıştır.

Charles yasası: Boyle'dan tam yüz yıl sonra

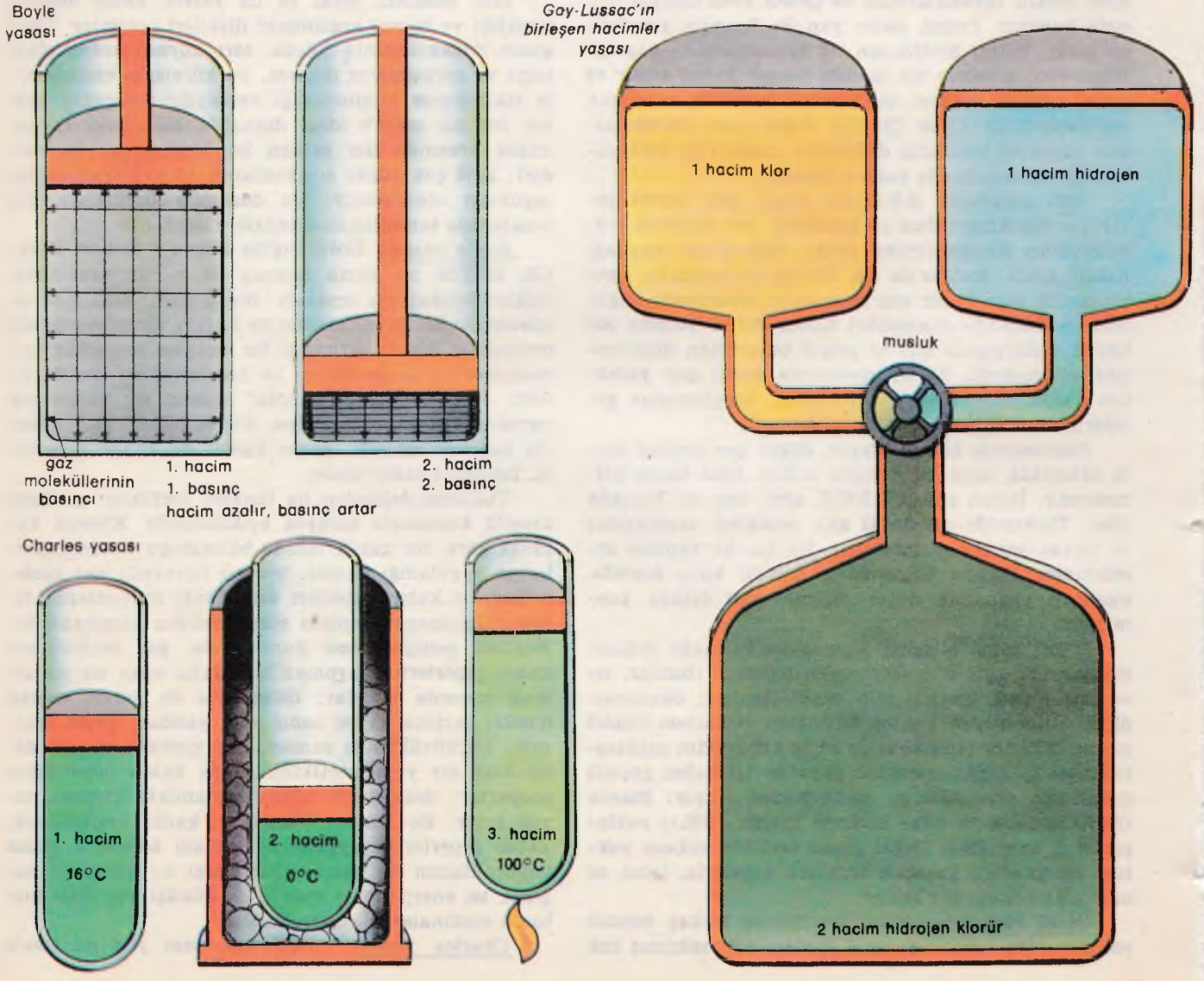
Fransız fizikçi Charles, gazın sıcaklığı ile basıncı arasındaki ilişkiyi buldu. Charles, değişmez hacimdeki bir gazın basıncının, sıcaklıkla doğru orantılı olduğunu deneysel yoldan kanıtladı. Kapalı bir hacimde bulunan gaz kütlesi ısıtıldığında, verilen ısıya karşılık gelen sıcaklıkla orantılı olarak, basıncı yükselir. Gaz soğumaya bırakılırsa, gene sıcaklık düşüşüyle orantılı olarak, basıncı azalır.

Kinetik kurama göre, gaza verilen ısı enerjisi, moleküllerin daha hızlı hareket etmelerine neden olur. Kuşkusuz, moleküller, hareket halindeyken kazandıkları yüksek hızla kabın çeperlerine çarptıklarında, daha büyük etkiler oluşturacaklardır. Böylece eklenen her yeni ısı enerjisine karşılık gaz basıncı artacak, bunun tersi bir işlemde, yani ısı enerjisinin geri alınması durumuydaysa, basınç azalacaktır.

Gay-Lussac yasası: XIX. yy'ın başlarında Gay-Lussac, bir gazın basıncı değişmediği zaman, hacim ve sıcaklıklarının birbirleriyle doğru orantılı olacağına ilişkin buluşunu yayınladı. Bu yasanın tam anlamıyla geçerli olması için, mutlak sıfır sıcaklığında (maddenin sıfır ısı enerjisi içerdiği sıcaklık: —273°C) hacminin sıfır olması öngörüldüğünden, gene ideal durum söz konusudur. Ama, uygulamada gazlar, bu sıcaklığa gelmeden sıvılaşırlar.

Genel gaz yasaları: Boyle, Charles ve Gay-Lussac'ın gaz yasaları birleştirilerek, bir gazın basıncı ile hacminin çarpımının, sıcaklıkla doğru orantılı olduğunu gösteren *genel gaz yasası* ortaya konulur. Yasa, matematiksel olarak $PV = RT$ biçiminde gösterilir.

Gaz yasalarını açıklayan çizimler.
Boyle yasasını açıklayan çizimde, gazın basıncı, kabın çeperlerine çarpan gaz molekülleri sayısına bağlıdır. Hacim küçüldüğünde, moleküller arası uzaklık küçüleceğinden, basınç artar. Gay-Lussac ve Charles yasalarına göreyse, değişmez basınçta tutulan gazın hacmi, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Gay-Lussac'ın bulduğu başka bir yasa, birleştirilmiş gazların, bulundukları hacim içinde birbirleriyle kurdukları yalın ilişkilerden söz eder.



Burada *P* basınç, *V* hacim, *R* gaz değişmezi, *T* sıcaklıktır. Gaz yasaları böylesine genelleştirilmeden önce, dar anlamlarda çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklere göre tek tek ilişkileri açıklayan birçok yasa geliştirilmiştir. Sözgelimi, DALTON'un kısmi basınç yasası, farklı gazlar karıştırıldığında, karışımın toplam basıncının, her gazın ayrı ayrı oluşturduğu basınçların toplamından oluştuğunu söyler. İlk bakışta bu, hiç de şaşırtıcı gelmeyebilir. Oysa, atomsal ve molekülsel yapıları ne olursa olsun, bütün gaz moleküllerinin fiziksel olarak birbirine çok benzer bir davranış içinde bulunduklarını ortaya koymaktadır. Bu özellik, kinetik kuramdaki temel varsayımlardan biridir; yani, gaz moleküllerinin oluşturduğu bütün çarpışmalar, esnek türdendir. Böyle bir modelde gaz kütlesi, düzensiz hareket eden küçük bilardo toplarından oluşmuş bir topluluk gibi düşünülmektedir. Çeşitli gaz molekülleri arasındaki tek fiziksel ayrılık, topların büyüklüğüdür. Farklı gazlar arasındaki bu niteliksel benzetme, ilk kez İtalyan kimyacı AVOGADRO tarafından geliştirilmiştir. Günümüzde «Avogadro yasası» diye adlandırılan kuram, 1811'de ileri sürülmüştür. Yasa, aynı sıcaklık ve basınç altındaki eşit hacimli gazların, eşit sayıda molekül içerdiğini belirtir.

Gaz yasalarının en ilgi çekici uygulama alanlarından biri, 1827'de Sir Robert Stirling'in yaptığı STİRLİNG MOTORU'dur. Gaz yasalarının geçerliliğinin açıkça sergilendiği bir başka uygulama da, insansız gaz BALON'larıdır. Balon çeperinin, yükselme sırasında gazda ortaya çıkan genişlemeyi karşılayacak büyüklük ve yapıda olması gerekir. Çünkü, yerden yükseldikçe, atmosfer basıncı azalır ve balonun, sözgelimi 27 000 m'deki hacmi, yerdeki hacmini büyük ölçüde aşar.

GEÇİŞ ELEMENTLERİ

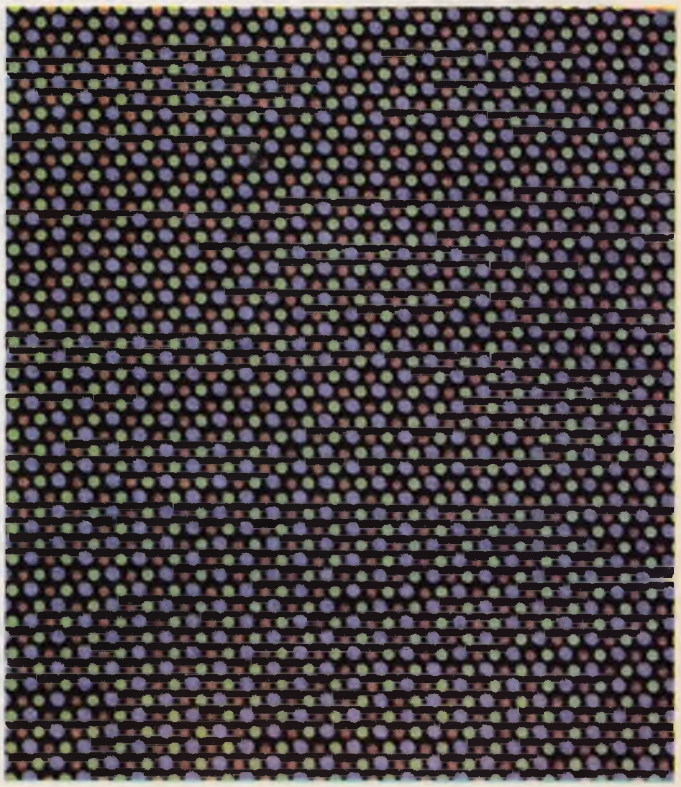
Kimyasal elementlerin *atom numaralarına* göre sınıflandırıldıkları PERYODİK ÇİZELGE'de, birbiriyle ilişkili üç element grubu bulunur: *Geçiş elementleri; ender (nadir) toprak elementleri; uranyum ötesi elementler*. Burada, özellikle ender toprak elementleri ve geçiş elementlerini gözden geçirip, uranyum ötesi elementlere SENTETİK ELEMENTLER maddesinde değineceğiz.

Elementlerin elektronik yapıları anlaşılmadan önce, peryodik çizelgenin yaratıcısı MENDELEYEV, «geçiş elementleri» terimini ortaya atmış ve kimyasal özellikleri benzer olan dokuz küçük element grubu için, bu adı kullanmıştır. Söz konusu çizelgede, DEMİR, kobalt ve nikel dördüncü peryotta, rutenyum, rodyum ve paladyum beşinci peryotta, osmiyum, iridyum ve platin de altıncı peryotta bulunur. Bunlardan «geçiş elementi» olan son altı elemente, PLATİN GRUBU METALLERİ de denir.

Günümüzde «geçiş elementi» terimi kullanıldığında, «d-düzeyi» adı verilen enerji düzeylerinden birinin, kısmen elektronla dolu bulunduğu elementler anlaşılır. Bunlar, dördüncü peryottaki skandiyum - nikel arası elementler, beşinci peryottaki itriyum - paladyum arası elementler ve altıncı peryottaki lantan ve hafniyumdan platine kadarki elementlerdir. Ender toprak elementlerinin «4f» enerji düzeyleri tam değildir; altıncı peryotta, seryumdan lütesyuma kadarki elementler bu gruptandır.

Günümüzde, bile, «geçiş elementi» ve «ender toprak elementi» terimleri, farklı araştırmacılar için değişik anlamlar taşımaktadır. Bir kimyacı için, yapılacak sınıflandırmanın, ayrıntılı elektronik yapıdan çok, kimyasal özelliklere dayandırılması daha uygun olur. Kimyasal özelliklere göre yapılan bir sınıflandırmada, skandiyum, itriyum ve lantan ender toprak elementlerinden, bakır, gümüş ve altın ise geçiş elementlerinden sayılır.

Fiziksel özellikleri: Geçiş elementlerinin sertlik-



Elektron mikroskopunun algılama gözü. (sağda) Söz konusu gözler, bir geçiş elementi olan molibdenden yapılmış diskler üstüne işlenir. Ender toprak elementlerinin en önemli kullanım alanlarından biri de, renkli TV ekranları için kırmızı fosfor üretimidir. Resimde (altta), üç renkli fosforun gruplanışı görülmektedir.

leri ve erime dereceleri yüksektir (titanyum 1 800°C'ta KROM 1 830°C'ta erir). Bu özellikler, normal metalsi bağ üstünde bulunan, «tamamlanmamış» d-düzeyi atom içi bağının ve «s-düzeyi» elektronlarının katkısıyla ortaya çıkmaktadır. Bakırın (ve ondan sonraki iki peryotta bulunan gümüş ve altının) erime noktasının yüksek olması, «d-düzeyinin» dolu bulunmasına karşılık, bağa büyük katkıda bulunan «s» düzeyi elektronlarıyla sıkı bir ilişkide bulunduklarını ortaya koymaktadır. Son geçiş dizisinde, daha yüksek erime noktalarına raslanır. Sözgelimi, asıl adı *volfram* olan ve W ile simgelenen tungstenin, erime sıcaklığı çok yüksektir (3 382°C); bu özelliği, elektrik ampulleri için çok elverişli olmasını sağlar.

Atomlararası bağlanma kuvveti, bütün yönlerde eşit şiddette olursa, atomlar bir küre biçimi alır ve bir araya geldiklerinde *yüzey merkezli kübik* ya da *heksagonal* (altıgen) *paket yapı* denilen billur yapısını (Bk. BİLLURLAR VE BİLLURBİLİM) oluştururlar. Oysa, bağlayıcı kuvvetin d elektronlarına katkısı doğrultuya bağlıdır ve bunun sonucu olarak, vanadyum, krom, demir gibi elementlerde, atomların «kafes» ortalarına yerleştiği, *iç merkezli kübik* billur yapılar çıkar. Manganezde, durum biraz daha karmaşıktır. Mekanik özellikler bakımından, bu yapıların iki tür önemi vardır. Birincisi, iç merkezli kübik yapıdaki metallerde plastik biçim bozulması, yüzey merkezli kübik ve heksagonal paket yapı metallerindekine oranla daha güçtür; bu nedenle de, belirli sıcaklık (çelik için 0°C, tungsten için yaklaşık 250°C) altında, iç merkezli kübik yapıdaki metaller kolayca kırılabilir. İkinci özellik ise, bu tür metallere çok küçük oranlarda başka metallerin katılmasıyla, yüksek sertlik derecelerinin elde edilebilmesidir (Bk. ALAŞIM). Buna örnek olarak demir gösterilebilir: Arı halde oldukça yumuşak olan demir, % 0,03 oranında karbon eklenmesiyle, çeliğe dönüşür.

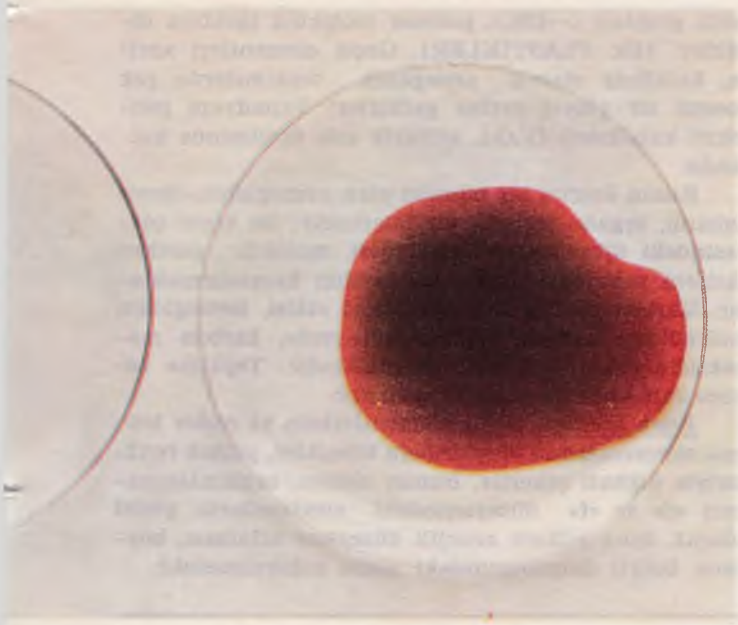
Ender toprak elementleri, az bulunmaları nedeniyle, tek başlarına yapı malzemesi olarak kullanılmazlar; ama çeşitli alaşımlara küçük miktarlarda katılırlar. Seryum ya da *karma metal* (birbirinden ayrılmamış ender toprak elementleri karışımı), demir içine katılırsa, küresel grafitin oluşmasını kolaylaştırır; sonuçta, daha değerli bir ürün elde edilmiş olur. Ayrıca, ender toprak elementleri, metal olmayan yabancı maddelerin zararlı etkilerini azaltırlar. Özellikle jet motorlarında kullanılan magnezyum alaşımının sünme direncini artırmada çok yararlı olurlar. *Karma metal* ile demir karışımından ortaya çıkan alaşım, çakmaktaşı yapımında kullanılır.

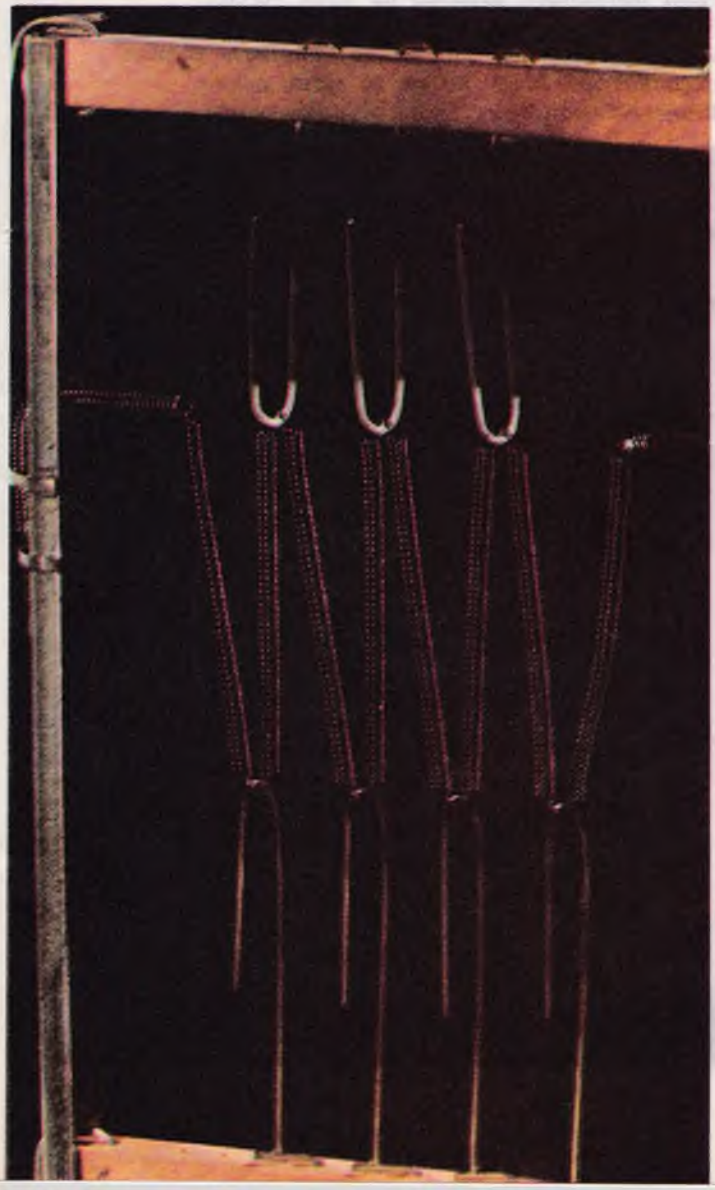
Magnetik ve elektriksel özellikler: Bütün atomların elektronları, bir dış magnetik alanla etkileşir ve alan tarafından zayıf bir kuvvetle itilirler. Bununla birlikte, tamamlanmamış «düzeyleri» bulunan elektronlar, dış magnetik alan etkisine tepki olarak, «dönü» yönlerini değiştirebilirler (her elektron, iki enerji durumundan yalnızca biri içinde bulunabilir: bu da, çoğunlukla bir ya da öteki yöndeki «dönü» olarak düşünülür) ve magnetik alana doğru bir çekim kuvveti uygulayabilirler. İtici alan söz konusuy-

Sağda, normal oksijen almış bir kan örneği görülmektedir, yanındaysa oksijenin yerini karbon monokside bırakması sonucu renk değişikliği ortaya çıkmıştır.

Berilin bir türü olan zümrüt. (altta solda) Yeşil rengi, içinde bulunan az miktardaki kromdan almaktadır.

Yüksek güçlü bir elektrik lambasının tungsten fitili. (altta sağda) 2 850°C'a varan sıcaklıklarda yükseltgenmeyi önlemek için, ampulün içine bir asal gaz doldurulur.





sa, bu metale «*diyamagnetik*», çekim kuvveti güçlüyse, «*paramagnetik*» denir. Ender toprak elementlerinin ve geçiş elementlerinin tamamlanmamış «d» ve «f» düzeylerinin bulunması, bunların paramagnetik özellik göstermesini sağlar. Bu özellik, «d» ve «f» düzeyleri yarı yarıya tamamlanmış olan elementlerde en fazladır. Bundan başka, «*ferromagnetizma*» adı verilen ve hem diyamagnetizmadan, hem de paramagnetizmadan daha kuvvetli olan başka bir tür mıknatıslanma daha vardır. Bu, demirden yapılmış malzemelerde görmeye alıştığımız bir mıknatıslanma türüdür. Ayrıca, kobalt ve nikelde, ender toprak elementlerinden gadolinyumda (20°C'a kadar), terbiyumda (—50°C'ın altında) ve disprosyum, holmiyum, erbiyumda (mutlak sıfır dolayında) gözlenir.

Ferromagnetik özellik, herhangi bir dış alandan bütünüyle bağımsız olan ve «*değiş tokuş etkileşimi*» adı verilen bir iç kuvvetten doğar. Bu etkileşim, bilur içindeki «d» düzeyleri eksik komşu atomlar arasındaki uzaklığın, kritik bir değeri aşması durumunda ortaya çıkar. Geri kalan paramagnetik geçiş ve ender toprak elementlerinde, komşu «d» düzeylerinin, ferromagnetizma oluşturamayacak kadar birbirlerine yakın bulundukları saptanmıştır. Manganez için de aynı durum geçerlidir; ne var ki, içine nitrojen gibi az miktarda başka bir element katıldığında, manganezde ferromagnetik bir davranış ortaya çıkar. Bu ilke, ferromagnetik *Heusler alaşımlarının* temelini oluşturur. Arı haldeyken hiç bir ferromagnetik özellik göstermeyen manganez, alüminyum ve bakırın birleştirilmesiyle, Heusler alaşımı elde edilir. Kobalt, demir ve nikelden oluşan karışıma bir miktar alüminyum ve titan eklenmesiyle, *Alniko* grubu magnetik alaşımlar elde edilir. En iyi kalıcı mıknatıslar, kobalt ile ender toprak elementlerinden samaryumun bir alaşımından yapılmaktadır.

Kimyasal özellikleri: Tamamlanmamış «d» ya da «f» düzeyleri, metal atomları arasındaki bağlanma kuvvetini bir yandan güçlendirirken, öte yandan da, kimyasal bileşikler oluşturacak biçimde, farklı atomlar arasında yeni BAĞ'ların ortaya çıkmasını sağlarlar. Geçiş ve ender toprak elementleri, asitlerle birleşerek tuz (sülfatlar, nitratlar, klorürler, vb.) ortaya çıkarmanın yanı sıra, «d» ve «f» düzeylerinin özelliklerinden ötürü, bileşikler ve bağları doğrultulanmış *karmaşık iyonlar* oluştururlar. Geçiş ve ender toprak elementleri genellikle, tek DEĞERLİK'li özellikler de göstermezler; yani bunların başka atom ve gruplarla birleşme gücü, durumdan duruma değişir. Sözgelimi, iki tür demir klorür vardır. Demir III klorürde ($FeCl_3$) *demir III iyonu* artı üç değerlikli, demir II klorürde ($FeCl_2$) *demir II iyonu* artı iki değerliklidir (klorür iyonu bir tek eksi yük içerir). Buna başka bir örnek olarak da, *heksasiyanoferrat anyonu*nun iki biçimi verilebilir. Bu bileşikte, merkezdeki bir demir atomunu çevreleyen sekiz yüzlünün köşelerine, düzenli bir biçimde sinayür (CN) grupları yerleşmiştir. Demir atomunun yükseltgenme durumu (yani demir II ya da demir III oluşu), ortaya çıkacak karma-

şık iyonun, III heksasiyanoferrat [$Fe(CN)_6^{3-}$] biçiminde mi, yoksa II heksasiyanoferrat [$Fe(CN)_6^{4-}$] biçiminde mi oluşacağını belirlemektedir. Geçiş elementlerinin çarpıcı özelliklerinden biri de, bunların metal *karbonil* bileşikleri oluşturma gücüdür. Sözgelimi nikel, 50°C sıcaklıkta karbon monoksit (CO) gazına tutulursa, nikel karbonil [$Ni(CO)_4$] bileşimi ortaya çıkar. Bu, çok uçucu bir bileşiktir: 43°C'ta kaynadığından, DAMITMA yoluyla kolayca arılaştırılabilir. Bu özelliğin, arı nikel elde etmede önemi büyüktür. Öteki geçiş elementi karbonilleri arasında, vanadyum karbonil [$V(CO)_6$], krom karbonil [$Cr(CO)_6$], manganez karbonil [$Mn_2(CO)_{10}$], demir karbonil [$Fe(CO)_5$] ve kobalt karbonil [$Co_2(CO)_8$] sayılabilir. Karbon monoksitteki karbon atomunun, kimyasal bağa girmeyen fazla bir elektron çifti daha vardır. Karbonil bileşiklerinde, metal atomlarıyla bağlanmayı, bu elektronlar sağlar.

Geçiş elementleri, organik moleküllerle de birleşebilirler. Bu davranış, geçiş elementlerinin tezleştirme (kataliz) tepkisi oluşturma özelliğini ortaya koyar: Sözgelimi, organik moleküllere hidrojen eklenmesi ve bunlardan hidrojen çıkarılması *(Raney nikeli,* çok tanınan bir hidrojenleme KATALİZÖR'üdür); ya da $CH_2 = CH_2$ biçimindeki etilenin, yüksek yoğunluklu polietilene ve propilenin ($CH_2 = CHCH_3$), *izotaktik polipropilene* polimerleştirilmesi gibi. Burada bütün metil grupları (—CH_3), polimer molekülü tarafına dizilirler (Bk. PLASTİKLER). Geçiş elementleri ayrıca, katalizör olarak anorganik tepkimelerde çok önemli bir görevi yerine getirirler: Vanadyum pentoksit katalizörü (V_2O_5), sülfürik asit üretiminde kullanılır.

Kanın önemli bir bileşeni olan hemoglobin, demir tabanlı, organo-metalik bir bileşimdir; bu atom çevresindeki düzenlenme değişimleri, moleküle, gereken oksijeni yakalama ve taşıma özelliği kazandırmaktadır. Karbon monoksidin zehirleyici etkisi, hemoglobin molekülüne oksijen bağlanacağı yerde, karbon monoksidin bağlanmasından doğmaktadır. Tepkime sonucu kan, kiraz kırmızısı rengini alır.

Renk özelliği: Geçiş elementlerinin ve ender toprak elementlerinin oluşturduğu bileşikler, parlak renkleriyle dikkati çekerler. Bunun nedeni, tamamlanmamış «d» ve «f» düzeylerindeki elektronların, geçici olarak daha yüksek enerjili düzeylere atlaması, böylece, belirli dalgaboyundaki ışığın soğurulmasıdır.

Titan metalinden yapılmış bir uçak parçası. Yoğunluğunun az, buna karşılık direncinin yüksek olması nedeniyle, titanın başka metallerle yapılan alaşımlarında, 14 000 kg/cm²'ye varan çekme direnci elde edilebilir.

Renkli cam üretiminde, yüzyıllardır kırmızı için demir, mavi için kobalt, yeşil için krom bileşikleri kullanılır. Günümüzde de, birçok yenilik getirilmiş olmasına karşılık, uygulanan teknik temelde aynıdır. Sözgelimi, demir artıklarının camda oluşturduğu istenmeyen sarı rengin giderilmesi, bir miktar neodim eklenerek sağlanır. Cam işçilerinin gözlükleri de, sodyum alevinin sarı ışığını soğurması için praseodimle kaplanır. Ender toprak elementlerinin, optik endüstrisinde önemi büyüktür. Merceklerin kırılma indislerini artırmak için, cam içine lantan oksit katılır. Gene optik cilalayıcılar arasında seryum oksit, en iyi sonuç verenidir.

Değerli taşların renkleri de, içlerindeki geçiş elementlerinden kaynaklanmaktadır. Sözgelimi, farklı biçimlerdeki krom, hem yakutun kırmızı rengini, hem de zümrütün yeşil rengini verir. «İtriyum alüminyum lal taşı» adı verilen silikat bileşimi, yararlı elektrik özellikleri bulunan yapay taşların temelini oluşturur.

Ender toprak elementlerinin en çok tüketildiği alanlardan biri de, renkli televizyon endüstrisidir. Renkli televizyonlarda kadmiyum sülfür tabanlı kırmızı fosfor, pek yeterli olamamıştı; onun yerine kullanılan evropyum oksit ile doyurulmuş itriyum ya da gadolinyum oksit, çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Evropyum, röntgen filmlerinde de kullanılan baryum fosfatlı fosforları tutma özelliği gösterir.

GEÇİŞME Bk. OSMOZ

GEÇİTLER Bk. MANTIK DEVRELERİ

GEİGER SAYACI

Geiger sayacı, yüklü tanecikleri saptayan bir aygıttır. İlk olarak H. Geiger ve E. W. Müller tarafından 1928'de yapılmıştır (bu nedenle, «Geiger - Müller sayacı» da denir). Günümüzde, çok daha gelişmiş sayaçlar vardır; ama ilk yapıldığı günlerde, Geiger sayacı, atom çekirdeğinin yapısının ve çekirdeği oluşturan küçük tanecikl'erin özelliklerinin incelenmesinde, temel aygıt olarak kullanılmıştır.

Aygıtın temel yapısı: Geiger sayacı, yaklaşık 2 cm çapında bir cam tüpten oluşur. Tüpün içinde, 10 cm boyunda bir metal silindir bulunur. Metal silindirin ekseni boyunca da, çoğunlukla tungstenden yapılmış ince bir tel geçirilmiştir. Silindir ve metal tel, cam tüpün uçlarında bir elektrik gerilimine bağlanır. Cam tüp, düşük basınçta (birkaç cm cıva sütunu) gazla (genellikle argon) doldurulur. Eksi elektrot işlevi gören metal silindir ile anot işlevi gören metal tel arasına, ark oluşturacak gerilime yakın, ama ark yapmayan bir gerilim uygulanır (Bk. DEŞARJ TÜPÜ). Bu gerilim 1 000 volt kadar olabilir.

Çalışma ilkesi: Yüksek enerjili yüklü tanecikler, cam tüpten geçerken, gaz atomlarının elektronlarına çarparak, onları atomlardan ayırırlar. Sonuçta, eksi yüklü elektronlar anoda yönelirlerken, artı yüklü atomlar (artı yüklü argon iyonları) da katotta toplanır.

Tel ile metal silindir arasında 1 000 voltluk bir gerilim farkı bulunduğundan, elektronlar, bu gerilim artımından etkilenerek, çok dik bir elektrik tepeciğinden yuvarlanmışcasına hızlanırlar. Böylece kazandıkları enerji, öteki atomların da elektronlarından ayrılmalarını sağlar. Bu olaya, «elektron artımı» ya da «*elektron çığı*» adı verilir. Aynı anda, artı yüklü iyonlar da hızla metal silindire çarparak, daha çok elektronun serbest kalmasına neden olurlar. Metal tel üstüne düşen elektron çığı, bir elektrik sinyali olarak algılanır ve tüpten, yüklü taneciklerin geçmekte olduğunu gösterir.

Geiger sayacı, deşarj olmadan önce, tıpkı bir KONDANSATÖR gibi yüklenir. Deşarjdan sonraysa, hem depolanan yükte, hem de silindir ile tel arasındaki potansiyel farkında, bir düşme görülür. Bu durum, bir süre sonra deşarj işleminin durmasına yol açar. Böyle olmasaydı, deşarj, sonsuza kadar sürebilirdi. Deşarjın kesilmesi açısından önemli olan nokta, boşalma sırasında aygıtın, gelen yüklü tanecikle-

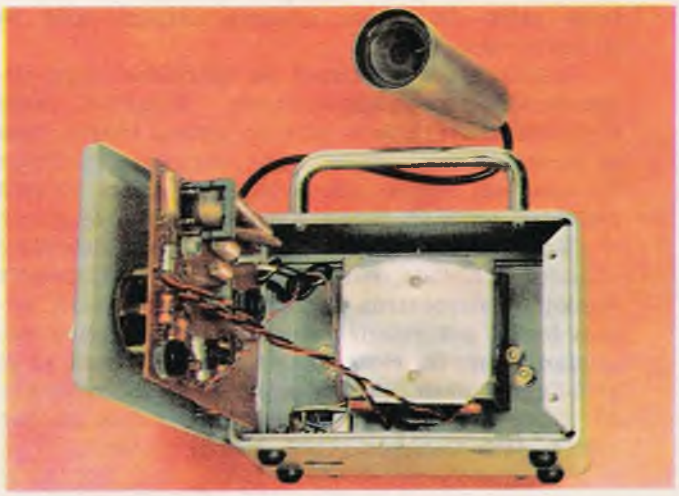
Geiger sayacıyla radyoaktif madenlerin aranması. Düşük basınçta argon içeren kapalı bir cam tüp içine elektrotlar yerleştirilmiş ve bunların uçları, dışarda yüksek bir potansiyel farkına bağlanmıştır. Yüksek enerjili tanecikler, bazı gaz atomlarını iyonlaştırarak, deşarja neden olurlar.

re duyarlı olmamasıdır.

Çığı durdurma yöntemlerinden biri de, argonun içine % 10 etil alkol karıştırmaktır. Çünkü, atom yollarının birbirini kesmesi sonucu, argon iyonlarından çok, alkol iyonları metal silindire ulaşacak ve silindire çarptıklarında, daha çok elektron salınmasına neden olmayacaklardır. Alkol buharı, aynı zamanda gaz karışımı içinde yeni elektronların üretimini de engelleyici bir rol oynayacaktır. Elektron çığının sona erdirilmesi, yaklaşık saniyenin on binde biri kadar bir sürede tamamlanır ve yeniden gerilim birikimi başlar. Artık sayaç, başka bir yüklü taneciği kaydetmeğe hazırdır.

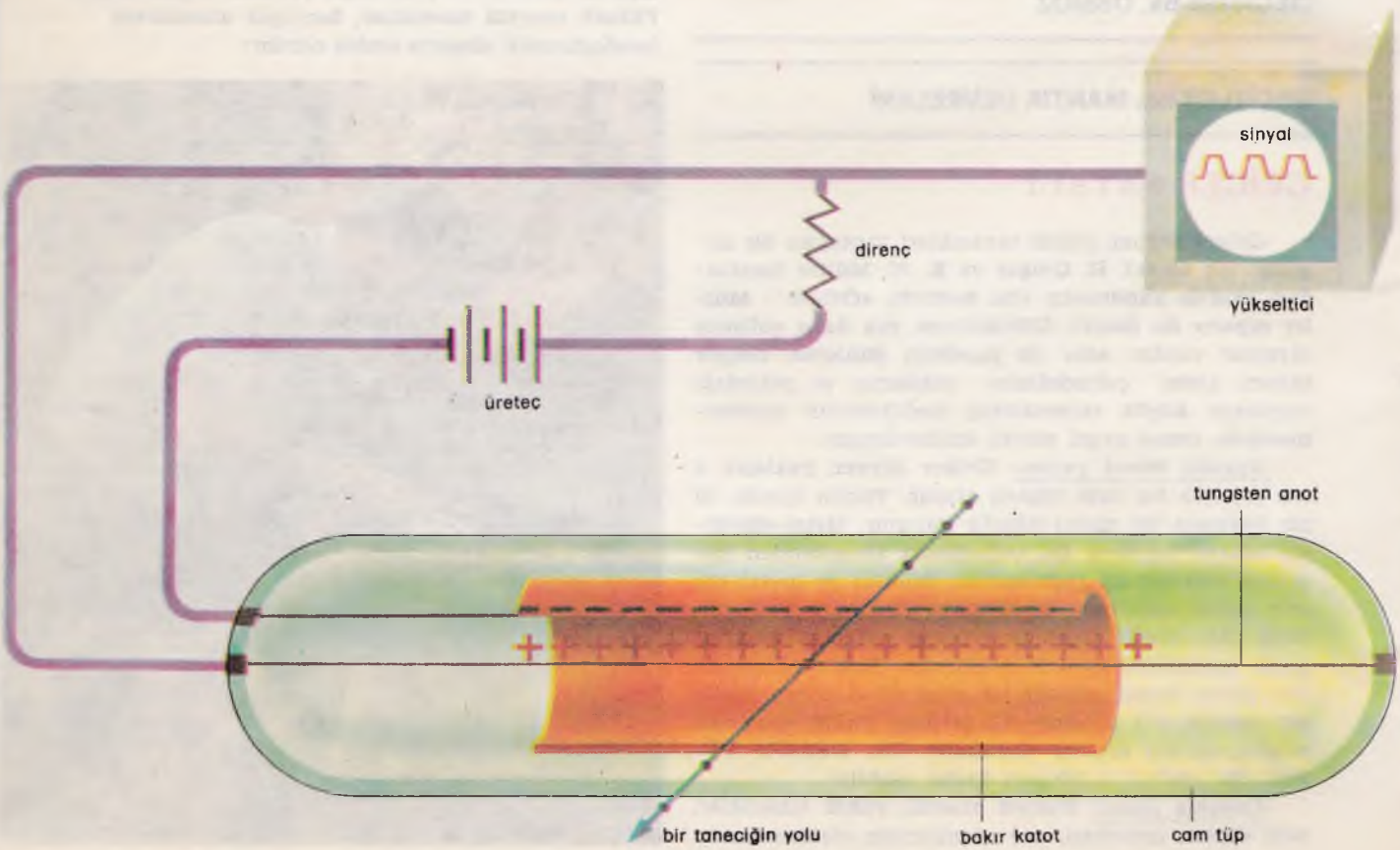
Bir elektronik *yükseltici* kullanılarak, elektrik sinyalleri, küçük bir hoparlörden işitilecek biçime dönüştürülür. Bu biçimiyle aygıtın, özellikle uranyum aramada önemli bir yeri vardır. Çalıştırılması çok kolaydır ve hoparlörden işitilen ses sinyalleri, ortamda yüklü tanecikler bulunduğunu yalın bir biçimde belirtir.

Geiger sayacı çalıştırılmaya başlanınca, düzensiz ses sinyalleri işitilir. Bunlar, ya kozmik ışınlardan (uzay boşluğundan dünyamıza yağan yüksek enerjili tanecikler) ya da doğal radyoaktiflikten (bunlar çevredeki bazı kimyasal elementlerin kendiliğinden yay-



Resimde (sağda), laboratuvar ve fabrikalarda kullanılan portatif ışınım sayacı (Geiger sayacı) görülmektedir. Bu sayaç pille çalışır ve saydığı ışınımı hem sesle, hem de görüntüyle belirtebilir.

Bir Geiger - Müller tüpü. (altta) İnce tel anot, bakır katodun merkez ekseninden geçirilmiştir. Tüpten geçen yüksek hızlı tanecikler, hava moleküllerini iyonlaştırır. Serbest elektronlar anoda çekilirken, başka elektronların da serbest kalmasına yolaçar, böylece çığ oluştururlar. Anoda gelen elektrik sinyalleri, yükselticiye gönderilir.



Tıp alanında Geiger sayacı, kana verilen radyoaktif fosforun gözlerde toplanma oranını araştırmada kullanılabilir. (üstte) Hasta gözde, birikim yüksek düzeydedir.

dığı taneciklerdir) kaynaklanırlar. Doğal radyoaktif elementler arasında, uranyum özel bir yer tutar. Uranyum, çekirdeğinden sürekli yüklü tanecikler salarak, başka tür atomlara dönüşür.

Ölçme sınırları: Yüklü taneciklerin uzaydaki yeri ve bunların sayaca ulaşma zamanının saptanması açısından, Geiger aygıtının belli sınırları vardır. Sayaç yalnızca, cam tüpün içinden geçen yüklü bir taneciği belirleyebilir. Günümüzde bilim adamları, taneciklerin yerlerini milimetre düzeyinde saptamaya çalışmaktadır. Sayaç, bir taneciğin kendisine ulaştığı anı, saniyenin milyonda biri duyarlıkla belirtebilir. Bu, yeterli bir duyarlıktır; ama hemen sonra, çığdan kurtulana kadar (yaklaşık saniyenin on binde biri kadar bir süre) aygıt ölü durumdadır. Bu yüzden araştırmacılar, gelen taneciklere karşı sürekli duyarlı kalabilen sayaçlar geliştirmeye çalışmaktadırlar.

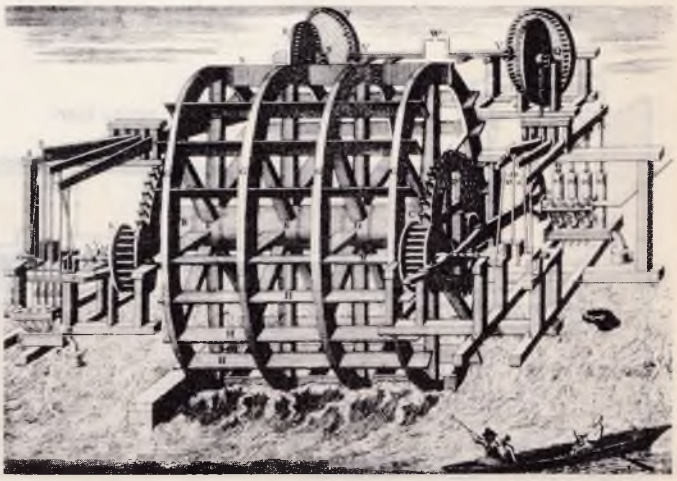
Aygıtın, içinden geçen taneciğin ne türden olduğunu belirtememesi de başka bir sınırlamadır. Bu durum, silindir ile tel arasına daha düşük gerilim uygulanarak, küçük ölçekte de olsa düzeltilebilir. Böylece, Geiger sayacının özelliği olan «tam çığ» oluşmaz. Bunun yerine, tele ulaşan elektron sayısı, yüklü taneciğin tüp içinde doğrudan serbest hale geçirdiği elektron niceliğine bağlı kalır. Bu da, tanecikler arasındaki farkların ayırt edilmesine yarar. Teldeki akım sinyalinin büyüklüğü, serbest duruma geçen elektron sayısıyla doğru orantılıdır ve aygıt bu biçimde çalıştırıldığında, «*orantılı sayaç*» diye adlandırılır. Birbirine çok yakın ince düzlemler biçiminde teller kullanıldığında, orantılı sayaç, çağdaş TANECİK HIZLANDIRICILARI'nda, özellikle tanecik davranışlarını belirlemede yararlı olur.

GELGİT

Kıyılarda yaşayan insanlar için, özellikle de denizciler için, denizlerin günde iki kez yükselip alçalması her zaman çok büyük önem taşımıştır. Sir İsaac NEWTON, YERÇEKİMİ özelliğinin bütün kütleler için geçerli olduğunu belirtip, Ay'ın doğal olarak denizlerin suyunu çekme gücü taşıdığını gösterinceye kadar, gelgit ile Ay'ın konumu arasındaki bağıntı, ancak astrolojiyle yorumlanabiliyordu. Gelgit, denizciler için büyük bir güçlük olmakla birlikte, enerji kaynağı olarak (eskiden değirmenlerde, günümüzdeyse elektrik üretiminde) yararlıdır.

Denge gelgiti: Suların yükselmesi, Ay'ın çekiminin, Dünya'nın bir yanından ötekine geçmesine bağlıdır. Hem Dünya, hem de Ay, gerçekte Dünya'nın içinde olan karşılıklı çekim merkezleri çevresinde yörüngeye girmişlerdir. Böylece, Dünya hareketsiz kabul edilirse, Dünya'nın merkezinde yerçekimini dengeleyen kurgusal bir merkezkaç kuvvet ortaya çıkar. Ama Ay'a bakan yüzde çekim kuvveti daha güçlüdür ve Dünya yüzündeki her şey, belli belirsiz Ay'a doğru çekilir. Ay'a bakmayan yüzde Ay'ın çekim kuvveti, ortak merkezin oluşturduğu merkezkaç kuvvetten daha azdır ve toplam kuvvet, Ay'dan dışarı doğru etkir. Bu da, Dünya yüzeyine göre gene «yukarı doğru» demektir. Bu nedenle, Ay'ın tam altına ve onun tam karşısına düşen noktalarda sular en yüksek düzeyde olacak ve Dünya döndükçe, su düzeyi günde iki kez yükselip alçalacaktır. Ay'ın yörünge hareketinden ötürü, gelgit kabarmalarının konumu, 29,5 günlük bir süreyle döner. Bu yüzden, birbirini izleyen kabarmalar arasındaki zaman aralığı tam 12 saat değil, 12

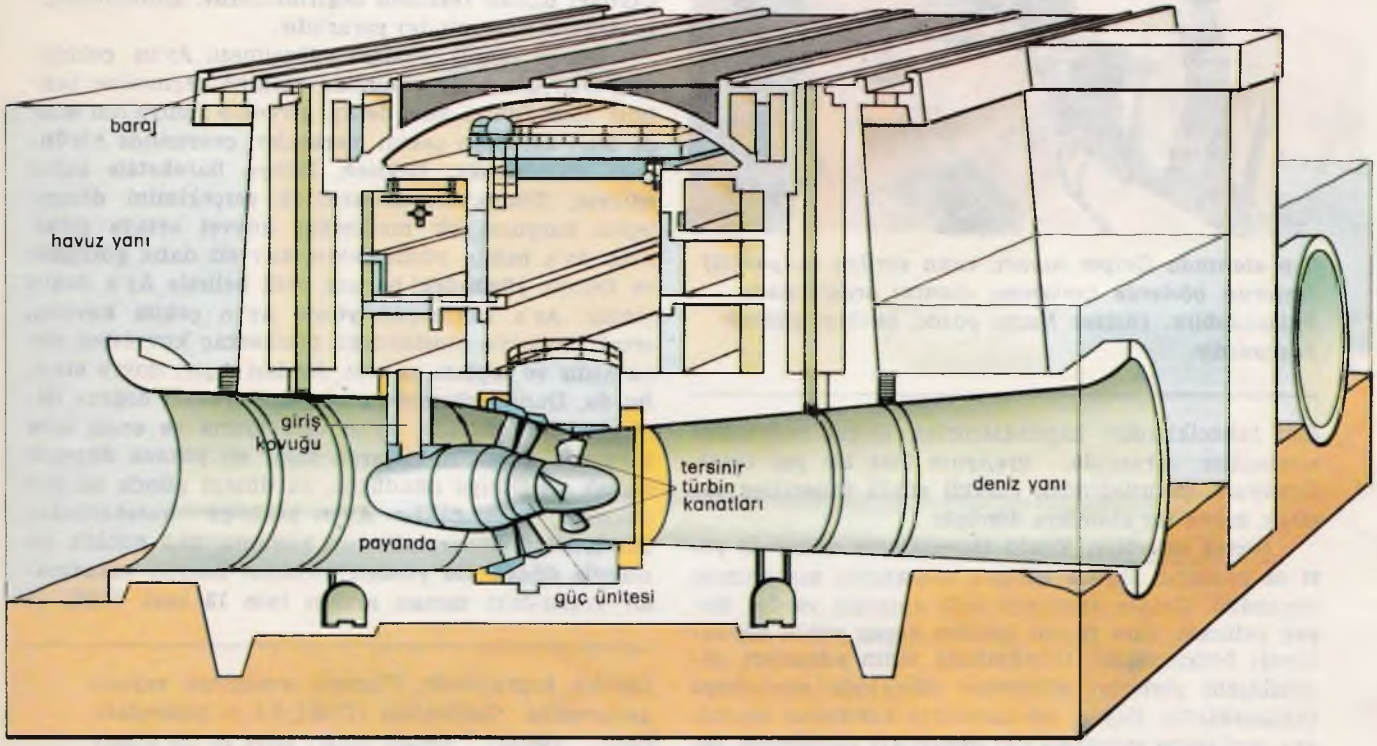
Londra köprüsünde, Thames ırmağının suyunu aktarmada kullanılan (1749), 6,5 m çapındaki çark. (altta) Gelgit suları içeri ya da dışarı aktıkça, köprü payandalarının iki yanı arasında biriken suyun basıncından yararlanılarak çalıştırılıyordu, ancak gerçek bir gelgit değirmeni değildi.

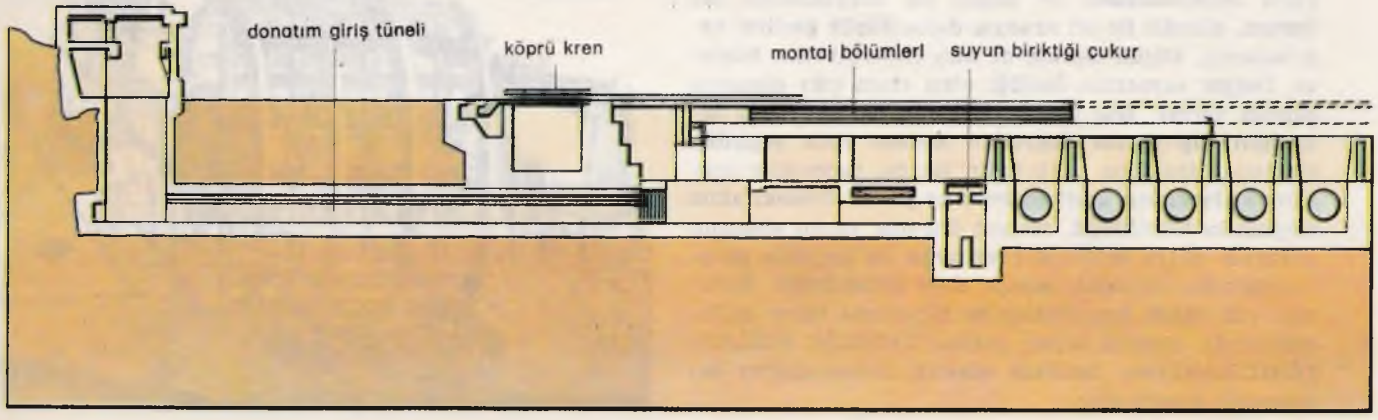


saat 25 dakikadır. Ancak, deniz yüzeyindeki Ay'a bağlı gelgit kuvveti, Dünya'nın yerçekiminin yalnızca on milyonda biri kadardır ve bu «denge» gelgitlerinde, suların yükselmesiyle alçalması arasındaki düzey farkı, yaklaşık 50 cm'yi geçmez. Bu ölçüde bir gelgit aralığı, Büyük Okyanus'taki bazı adalarda görülmektedir. Okyanusların ortalarında oluşan bu tür yalın gelgitlere karşılık, kıyılarda daha büyük yükseklik farklarına raslanılır.

Gerçek gelgitler: Büyük yükseklik farkları, REZONANS olayına bağlıdır. Belli hacim ve derinlikteki bütün su kütlelerinin bir doğal salınma peryodu (suda ortaya çıkan bir karışmanın, bir uçtan ötekine ulaşma zamanı) vardır. Bu, su dolu bir kabın eğilmesiyle görülebilir: Suyun bir uçta toplanması, belli bir zaman alır. Kap, bu zamana eşit aralıklarla sallanır-

Rance ırmağı üstündeki gelgit barajının kesitleri. (altta) İçine yerleştirilmiş jeneratör ile türbin takımı, biçiminden ötürü, «ampul takımı» diye adlandırılır. Rance sistemi içinde 38 türbin ünitesi vardır. Bunların her biri, 5-10 m'lik birikmiş su basıncıyla, 9 MW üretme gücündedir.





sa, su düzeyi iki uçta da şiddetle salınacaktır; ama sallama frekansı farklı olursa, su düzeyindeki değişiklik küçük olur. Eğim kuvvetinin yerini, 12 saat 25 dakikalık bir peryotla Ay'ın gelgit etkisinin aldığı kapalı denizlerde de, aynı etki oluşur. Erie gölünün (A. B.D.) doğal peryodu, bu değerden pek farklı değildir: 14 saat; gelgit yükseklik farkıysa, 8 cm'dir. Buna karşılık Baykal gölünün (S.S.C.B.) peryodu 4,5 saat, yükseklik farkıysa yalnızca 1,5 cm'dir.

Okyanuslara açılan denizler, çoğunlukla okyanus gelgitlerinin etkisi altındadır. Sözgelimi, Atlas Okyanusu'nun gelgitleri, İskoçya'nın kuzeyinden, Kuzey denizine ve Manş denizine doğru, denge gelgiti akışına ters yönde bir gelgit akışı yaratır. Dünyanın dönüşüne bağlı KORİOLİS KUVVETİ de, gelgitin sağa doğru yer değiştirmesine neden olarak (Kuzey yarıkürede), suyun akışını etkiler. Gelgit kapalı bir denize doğru aktığı zaman bu kuvvet, gelgitin, denizde

Normandiya (Fransa) açıklarındaki St. Michel tepesi, kıyıdan 1,6 km uzaklıkta, Ortaçağ'dan kalma bir turizm merkezidir. Sular kabarınca, denizle çevrilerek ada haline gelir.

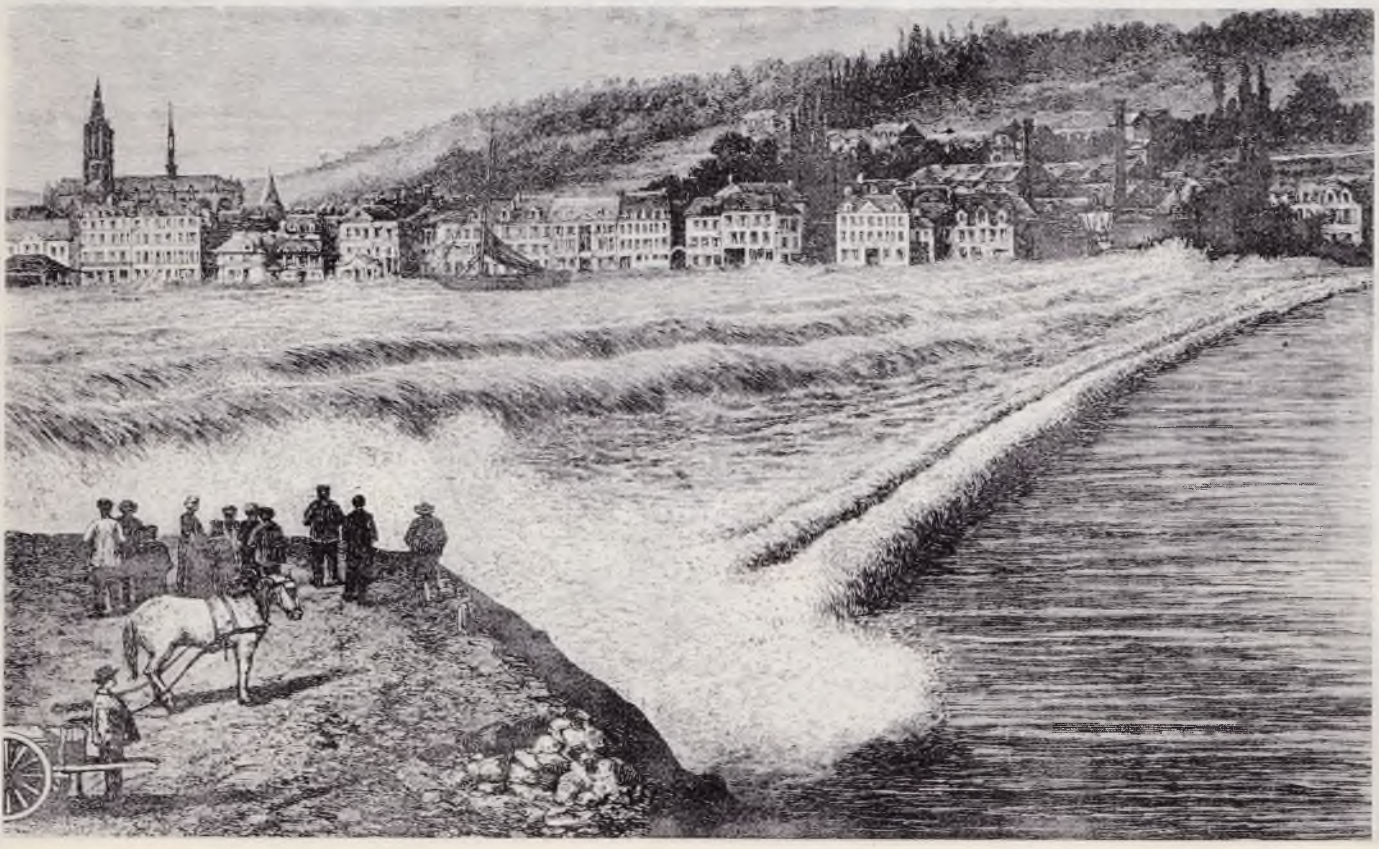
yüzeyin değişmez yükseklikte olduğu bir nokta çevresinde daireler çizmesine yolaçabilir. Sözgelimi, Kuzey denizinde bu *amfidromik* (yunanca «her iki akıntı,» yani hem kabarma, hem alçalma) noktalardan üç tane vardır.

Rezonans, koylarda ve haliçlerde de oluşabilir. Koylarda ve haliçlerde, okyanus gelgitlerinin peryodik kuvveti, Nova Scotia'da Fundy koyunda olduğu gibi, 20 m yükseklikte bir gelgit olayına yolaçabilir. Haliçlerde sıradan bir gelgit bile, suyu, içine akan ırmağa doğru metrelerce yükseklikte bir su duvarı oluşturacak biçimde itebilir. Bu «*oyuk*»lar, Severn, Trent, Sen, Amazon gibi bazı ırmaklarda oluşur ve yerel adlar taşır. En büyük oyuk Çin'de, Çin-Dang ırmağında oluşandır: Genişliği kilometreleri bulan bir haliçte ortaya çıkar ve 8 m yüksekliğe çıkabilir.

Güneş de denizlerde bir gelgit kuvveti yaratır. Ama bu kuvvet, Ay'a bağlı olan kuvvetin yarısı oranında olduğu için, temel etkisi, Güneş ve Ay aynı doğrultu üstünde bulundukları zaman Ay'ın oluşturduğu gelgiti desteklemek (ilkbahar gelgitleri) ya da Gü-

Yumuşak bir kaya tabakasında gelgit etkisi (sağda), Fundy körfezindeki bu adacığa olağanüstü bir görünüm kazandırmıştır. Suyun aşındırıcı etkisi, kayanın alt bölümünü oymuştur.

Sen (Fransa) ırmağı halicindeki oyuğa ilişkin eski bir gravür. (altta)



neş ve Ay birbirlerinden 90°'lik bir açıyla ayrıldıkları zaman gelgit yükseklik farkını azaltmak (15 günde bir ortaya çıkan gelgitler) biçiminde ortaya çıkar. Bu nedenle, her kavuşum ayı içinde, iki ilkbahar gelgiti, iki de 15 günlük gelgit vardır.

Gelgit gücü: Fransa'da Rance ırmağı üstündeki bir barajda kurulan dünyanın gelgit gücüyle çalışan tek santralı, suyu barajda toplayabilmek için, gelgitin yanı sıra, çekilme zamanlarında artan elektriği de kullandığından, sınırlı çalışma süresi sorunundan uzaktır. Gelgit gücü üretiminin temel sorunu, suyun yüksekliğinin, normal bir hidroelektrik santraldakinden on kez daha az olmasıdır. Üretilen güç, su yüksekliği ile suyun akış hızının çarpımına eşit olduğundan, akış hızının çok yüksek olması, dolayısıyle de büyük ve pahalı türbinler gereklidir. Ama bu durumda bile, elde edilen enerji, öteki santrallarınkinden azdır ve gelgit gücü, bir ulusun enerji gereksinimine önemli katkıda bulunmakla birlikte, yalnızca küçük miktarda enerji sağlayabilir (Bk. ENERJİ KAYNAKLARI; ENERJİ DEPOLAMA).

Gelgit değirmenleri: Gelgit suyunu biriktirme amacıyla ırmak ağzına baraj yapma ilkesi, gelgit değirmenlerinde yüzyıllardır kullanılmaktadır. Yükselen suların, değirmenin üstünde bir su sarnıcına akmasına izin verilir ve yükselmenin hemen ardından, savak kapıları kapanır (bu bazen, dışa giden su akıntısından yararlanılarak, otomatik olarak yapılır). Birkaç saat sonra sular alçaldığında, içerde toplanmış olan su, değirmen çarkını harekete geçirmesi için serbest bırakılacaktır. Bu, gelgitin suya kazandırdığı normal hızın sağlayabileceğinden daha büyük bir güç üretir. Bazı çarklar, sarnıçtaki değişken su düzeyine de uyarlanabilir.

Kabarma sırasında tuzlu su, ırmak halicinden çok yukarılara kadar ulaşamaz; ama kabarma, ırmak suyunun akıntısını, belli bir ölçüde tersine çevirir.

GEMİLER

Binlerce yıldır kullanılan gemiler, tarih boyunca çeşitli tür ve biçimler almıştır. İ.Ö. 2 500 yılında, eski Mısırlıların oldukça gelişmiş yelkenli tekneler (Bk. YELKENLİ) yaptıkları kesin olarak bilinmektedir. Yelkenli tekneler, o tarihten XIX. yüzyıla kadar önemlerini korudular. Ama, BUHAR MAKİNASI'nın bulunmasıyla, yerlerini, buharlı gemilere bıraktılar. Günümüzde bütün ticaret ve SAVAŞ GEMİLERİ, metalden yapılır, ya DİZEL MOTORU'yla ya da buhar TÜRBİN'iyle çalışırlar (Bk. TEKNE TAHRİĞİ).

Burada yalnızca modern ticaret gemilerini inceleyip, savaş gemilerini ayrı bir madde olarak ele alacağız. Günümüzün ticaret gemileri şu gruplara ayrılabilir: *Kuru yük gemileri* (şilepler); *dökme yük gemileri; konteyner gemileri; layter gemileri; yolcu gemileri; petrol tankerleri; sıvılaştırılmış petrol gazı tankerleri.*

Kuru yük gemileri: Bir kuru yük gemisi genellikle çifte dip, birkaç ambar, ortada bir makina dairesi ile baş ve kıç *pik tankı*ndan oluşur. Bir ya da iki güvertesi ve üç ana üstyapısı vardır. Bu üstyapılar, başta *baş kasara*, ortada *kumanda köprüsü*, arkada *kıç kasara*dır (pupa) ve teknenin iki yanına uzanır. Gemi, «*perde*» adı verilen çelik bölmelerle ayrılmıştır. Çelik bölmeler, tabandan *en üst devamlı güverte*ye kadar, su sızdırmaz biçimde yapılmıştır. Ana işlevleri, tekne hasar gördüğünde, bütün teknenin su almasını önlemektir. Bunlar, aynı zamanda, güverteyi sağlam tutar ve yükleme boşaltma anında ya da suyun basıncıyla, çarpılmamasını sağlarlar.

Çifte dip, alt kaplama hasar gördüğünde belirli bir güvenlik sağlamanın yanı sıra, petrol ve içme suyu deposu ya da safra işlevi görür. Çift dipli yapı, gemiye sağlamlık kazandırır; bu özellik, kuru havuz işlemleri için zorunludur. Ön ve arka pik tankları, gemi yüksüzken ağırlık yapması için safra olarak ve *trim* ayarı (geminin başı ile kıçı arasındaki kot farkı) için kullanılır.

Güverteler arasındaki baş kasara, lostromo deposu olarak (halatların, boyaların, lambaların saklanması için) kullanılır. Baş kasarada her iki çapanın

Yolcu gemisi «Queen Elizabeth 2»nin tahta güverte kaplamasının döşenmesi. (altta)

Portekiz'de, yapım halindeki bir ahşap geminin omurgası.(üstte)

halatı, *bocurgat*tan (Bk. VİNÇ VE BOCURGAT) çıkıp, *güverte zincir locası* içinden geçerek, halat uçlarının *hırça mapası*yla (zinciri, zincirlikte gemi gövdesine bağlamak için, zincirlik dibine konulan çelik parça) ön pik perdesine bağlandığı *zincirlik*e gelir.

Kıç tarafta, DÜMEN'in hidrolik mekanizmayla çalıştırıldığı bir *dümen mekanizma bölümü* vardır. Dümenin kaptan köşkünden kumandası, «*tele - motor sistemi*» denilen bir dümen donanımıyla sağlanır. Tam bu bölmenin altındaki *dümen dolabı*, dümeni döndürmeye yarayan *dümen rotu*nu kapsar. Kıç kasara ve kumanda köprüsü, barınma yerleri ve bazıları soğutucu'lu olan kumanya depoları olarak kullanılır.

Makina sistemleri içinde ısıl verim açısından en üstünü, dizel motorudur. Bu yüzden, kuru yük teknelerinde çoğunlukla, dizel motoru kullanılır. Pervane, hızı düşük bir motora *doğrudan* bağlantılı olarak çalışır. Pervane mili, *şaft yolu*ndan geçerek kıçtan çıkar. Şaft yolunun yararı, ambara konulan yükün mili zedelemesini önlemek ve mil ile yatakları için belli bir açıklık bırakmaktır.

Makina dairesinde, ana motorun yanı sıra, *dizel jeneratörü, yakıt arıtıcıları, hava kompresörü, safra* ve *sintine tulumbası, soğutma suyu pompaları* ve çeşitli zorunlu donanım bulunur. Makina dairesinin tam önünde *yakıt dinlendirme tankı, sıvı yakıt deposu* ve iskele ya da sancak tarafında *safra deposu* yeralır. Safra deposu ayrıca, sıvı ya da dökme yük (şeker, tahıl gibi) taşınmasında da kullanılabilir. Barınma yerleri genellikle ortadadır; zabitan kamaraları, *köprü güvertesi*nde ya da *filika güvertesi*nde yeralır. *Kaptan köşkü, seyir ve harita odası, telsiz kamarası*, genellikle bir aradadır; kaptanın oturma odası, yattığı kamara, tuvaleti ve bürosu da aynı güvertede yeralabilir. Mutfak, kiler, tuvalet ve eğlence salonları, görev dışındaki tayfanın gürültüden rahatsız olmayacağı biçimde yerleştirilmiştir.

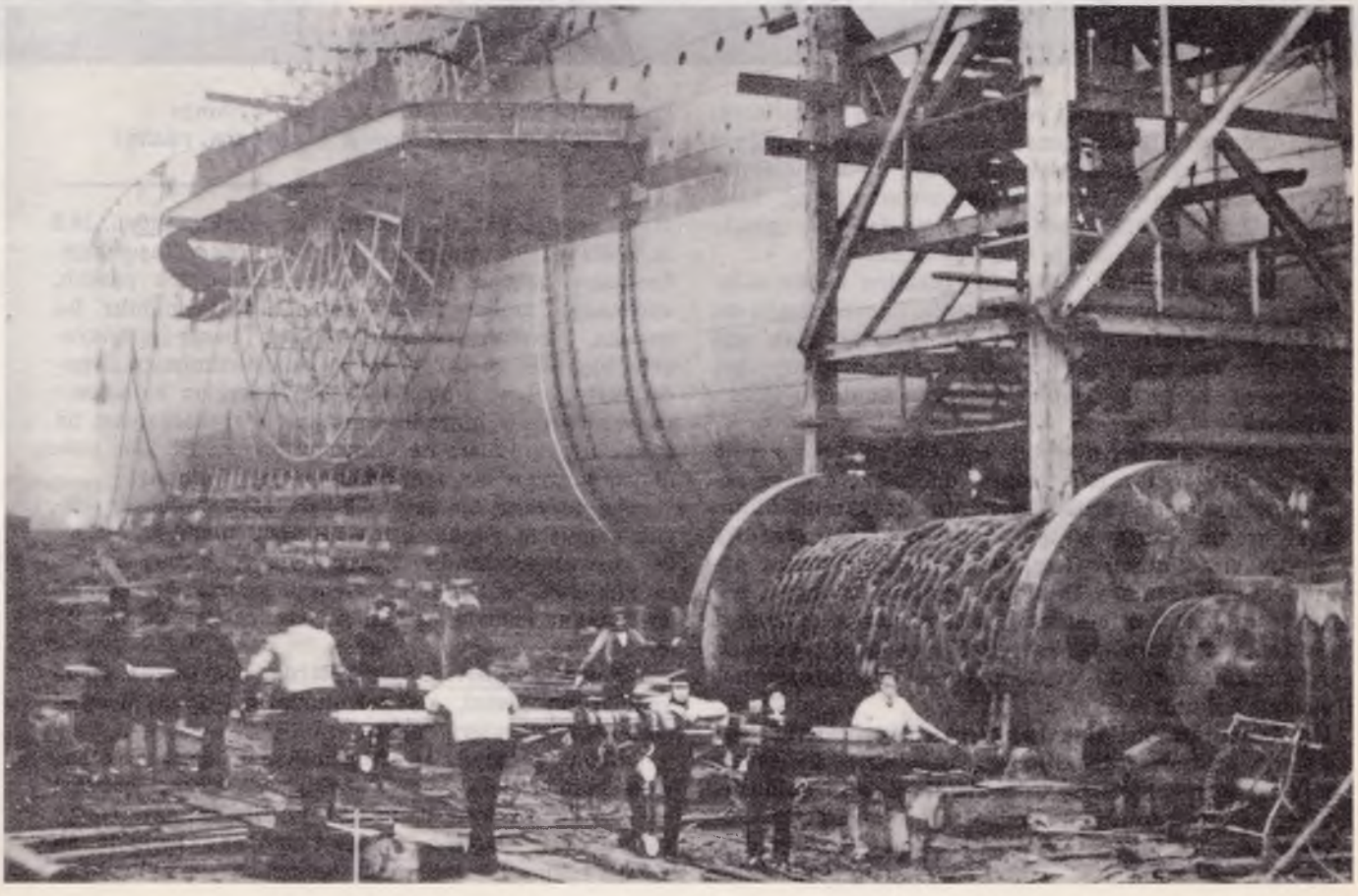
Yeni kuru yük gemilerinde, makina dairesi kıça yakın yapılmaktadır. Böylece, hem milin boyu kısaltılmakta, hem de köprünün önünde, yükün hareket alanını genişletecek bir açıklık sağlanmaktadır. Günümüzde yük aktarımı, vinçlerle kurulan *bumba*lar yerine, güverte vinçleriyle yapılmakta, bazı gemilerde de, özel ağır yük aktarma donanımı bulundurulmaktadır.

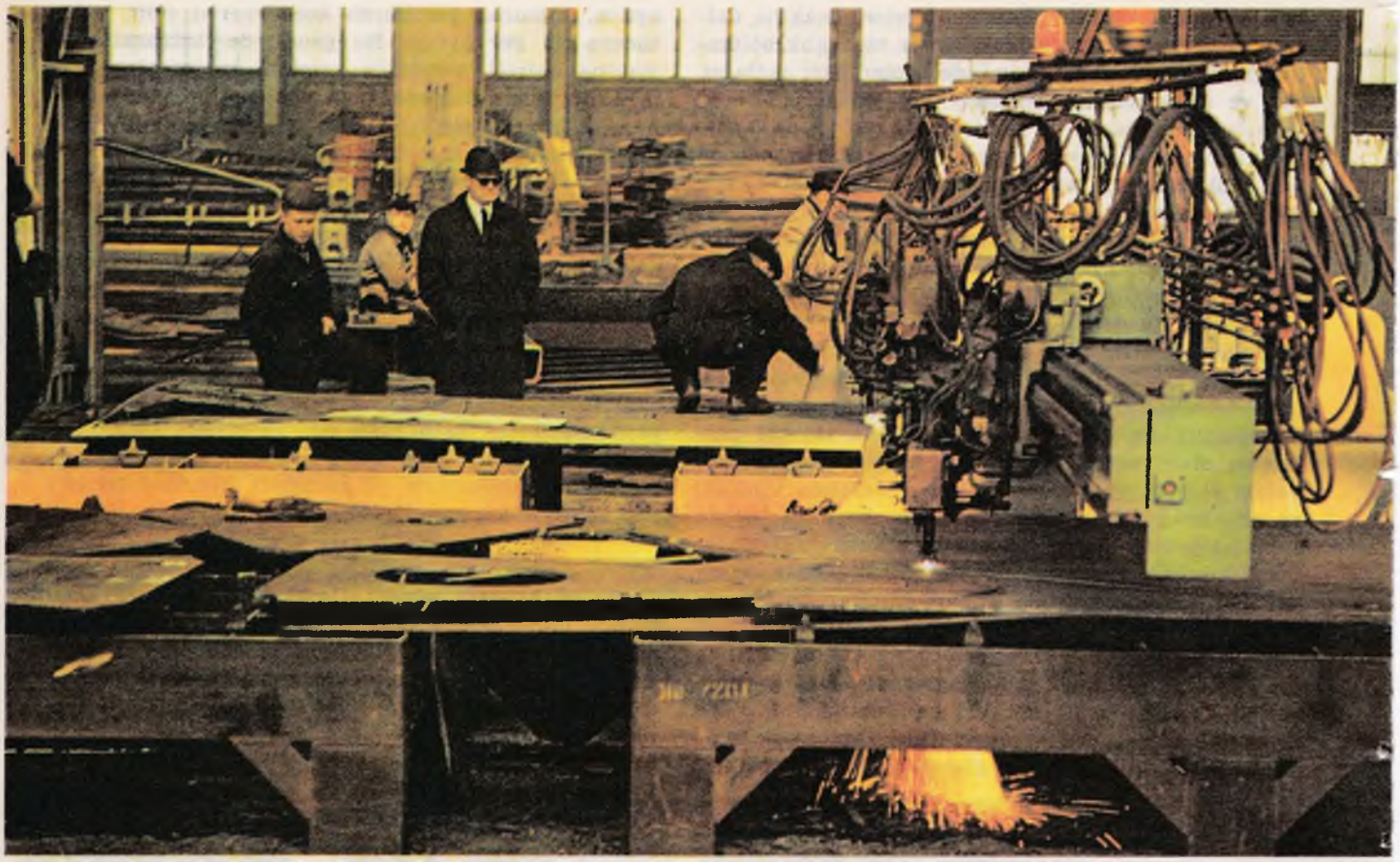
Dökme yük gemileri: Bunlar tahıl, şeker, boksit, demir gibi dökme yüklerin taşınmasında kullanılan tek güverteli, tek pervaneli gemilerdir. Makina dairesi, yükün boşaltılabileceği geniş bir alan bırakmak

için en arkada yeralır. Barınma yerleri, makina dairesinin üstüne yerleştirilerek, servis ve sağlık bölümlerinin geminin aynı kesiminde toplanması sağlanır. Üst ve alt *alabanda depoları*, yük ambarlarının iki yanı boyunca uzanır ve gemi yüksüzken ya da hafifken, pervanenin suyun dışına çıkma eğilimi gösterdiği durumlarda, gemiye ağırlık kazandırmak gibi işlevler görür. Üst alabanda deposuna, tahıl gibi yüklerin kolayca yer değiştiremeyeceği bir eğim verilmiştir. Böylece, bu tür yüklerin geminin dengesini bozması önlenir. Çifte dip deposuna, yakıt ya da safra doldurulur. Bu depo, geminin trimini ayarlamak için de kullanılır. Bazı dökme yük gemilerinin kendi bumbaları ya da güverte vinçleri varsa da, çoğunda, yükleme ve boşaltma işlemleri rıhtımdaki araçlarla gerçekleştirilir. Bu gemilerin gövde yapısı, iki tür *postalama sistemi*nden oluşmuştur; böylece en sağlam sistem elde edilmiş olur: Güverte, alabanda tankları ve çift katlı taban, gövdeye boylu boyunca, borda kaplamalar ise, çaprazlamasına çekilmiştir.

Konteyner gemileri: Yükleme ve boşaltma işlemleri için limanda yitirilen zamanı kısaltan bu tür gemiler, oldukça yenidir. Söz konusu gemilerin özelliği olan konteynerler (yüklükler), kara taşımacılığında da yükleme sorununu kolaylaştırmaktadır. Konteynerler, değişik boyutlarda (6,1 m uzunluğunda; 12,2 m uzunluğunda; vb.) tasarlanmıştır. Ambar uzunluğu, belli sayıda konteyneri alacak ölçüde hesaplanır; ayrıca, soğutma gerektiren konteynerler için, soğutucuya da yer ayrılır. Bu gemilerde, kamaralar ve makina dairesi, genellikle geminin kıç tarafına yapılır. Böylece güvertede, hem yükleme boşaltma için, hem de büyük kren için geniş bir alan bırakılır. Rıhtımlardaki konteyner krenleri ve *taşıyıcı kantarmaları*, ancak standart boyutlardaki konteynerleri kaldırır ve belli ölçülerdeki ambar kapaklarından geçirir. Bütün ambarlarda, konteynerin aşağı doğru kayabileceği kızaklar ve en altta kalan konteynerin ezilmesini önleyici payandalar bulunur. Konteynerler, gemi ambarına, baş-kıç doğrultusunda yerleştirilir. Bu yöntemle, hem yükün daha az sarsılması sağlanır, hem de kara ya da demiryoluna gemiden yapılan doğrudan aktarma kolaylaştırılır. Konteyner gemilerinin bir üstünlüğü de, güverteye konteyner konulabilmesidir; ama bunun miktarı, ambar ağızlarının dayanıklılığına ve kumanda köprüsünün görüş açısının kapanmamasına göre belirlenir. Yükle-

Brunel'in buharlı gemisi «Great Eastern»ın 1857'de denize indirilmeden önce çekilmiş bir fotoğrafı. (altta) Pervane ve çarklarla çalışan bu gemi, 1889'da parçalanana kadar, zamanın en büyük gemisiydi. Çift katlı, demirden bir gövdesi vardı ve 4 000 yolcu ile 12 000 tonluk yakıt (kömür) taşıyabilecek kapasitedeydi.





Finlandiya'daki bir tersanede, bir geminin prefabrik çelik parçalarının hazırlanışı. (üstte)

me ilerledikçe geminin ağırlık merkezi yükseleceği için, dengesi sık sık denetlenmelidir. Tersi, geminin yatmasına ya da alabora olmasına neden olabilir. Güverte üstüne yüklenen konteynerlerin tümü, kancalı teller ve bağlama vidalarıyla ya da çelik çubuklarla bağlanarak, denize düşmeleri önlenir.

Layter gemileri: Yük doldurulabilen küçük salapurya ya da mavnalara *layter* denir. Layter gemisi de, bu salapuryaları yüklü halde kıç taraftan alan ana gemidir. Bir merkezde toplanan salapuryalar, açık denizlere açılacak layter gemisiyle buluşturularak yüklenir.

Layter gemilerinde bir tek üst güverte vardır. Kamaralar ön tarafta, makina dairesiyse arkaya yakındır. Aktarma boruları geminin iki yanına alınarak, krenin çalışması için güverte üstünde gerekli açıklık bırakılmıştır. Geminin uzunluğu boyunca ayrılmış çelik bölmeler ile enine ayrılmış bölmeler, geminin ambarlarını oluşturur ve layterler bu *hücre*lere istiflenir. Ambarlarda, layterler için düşey kızaklar vardır; çift katlı dipte de, layterler için hazırlanmış yuvalar bulunur.

Ambarları birbirine bağlayan merdivenlerle, layterlerin bakımı ve denetimi sağlanır. Kren, kıç taraftaki iki büyük konsolla desteklenir. Krenin kaldırma kapasitesi 500 tonun üstündedir; bu, bir layteri güverte boyunca taşıyıp ambara iletmeye yeterlidir. Her layterin aktarılması 15 dakika sürer. Günümüzde bir layter gemisi, yaklaşık 400 tonluk yük kapasitesi, 18,8 m boyu ve 9,5 m eniyle, 80 tane layter taşıyabilir. Layterler, ambara istiflenebileceği gibi, tek parçalı, «pontonlu» ambar kapağı üstünde de taşınabilir. Bu kapağa, fırtınalı havalarda yükün hasar görmeyeceği biçimde, metal yuvalar yerleştirilmiştir. Krende, layterleri ve ambar kapağını kavrayıp kaldırmaya yarayan bir hidrolik kenetlenme mekanizması ile geminin salınımları ne olursa olsun, layteri düz tutmaya yarayan bir *salınım ayarlayıcı* bulunur.

Bu sistemin bir üstünlüğü de, su derinliğinin büyük gemilerin yanaşmasına elverişli olmadığı yerlerde kullanılabilmesidir. Karışık yükler birbiri ardınca yüklenip boşaltılabilir. Gemiden bırakılan layterler, akarsu yoluyla, istenilen yere çekilerek götürülür.

Yolcu gemileri: Son yıllarda, çok büyük yolcu gemilerinin yerini, kış yolculuklarına daha elverişli olan küçük gemiler almıştır.

Yolcu gemileri, ticari gemilerden daha çok sayıda bölmelere ayrılmıştır. Böylece, birkaç bölmesi su alan gemi bile, dengesini yitirip batmaz. Gemi, yalnızca bir yandan, dengeyi bozacak biçimde su alırsa, suyun içerden öteki bölmelere de aktarılma-

sıyla denge korunur.

Geminin iskele ve sancak taraflarında, yolcu sayısına uygun kapasitede can filikaları bulundurulur. Yangın denetimi de, yolcu gemilerinde alınması gereken önemli bir güvenlik önlemidir. Gemiler genellikle, düşey çelik perdelerle *yangın bölmeleri*ne ayrılır. Söz konusu perdeler, 30 dakikalık bir yanma boyunca alevlerin yayılmasını önleyebilecek güçte olmalı, ayrıca gemide, otomatik yangın alarmı ve yangın saptama sistemi bulundurulmalıdır.

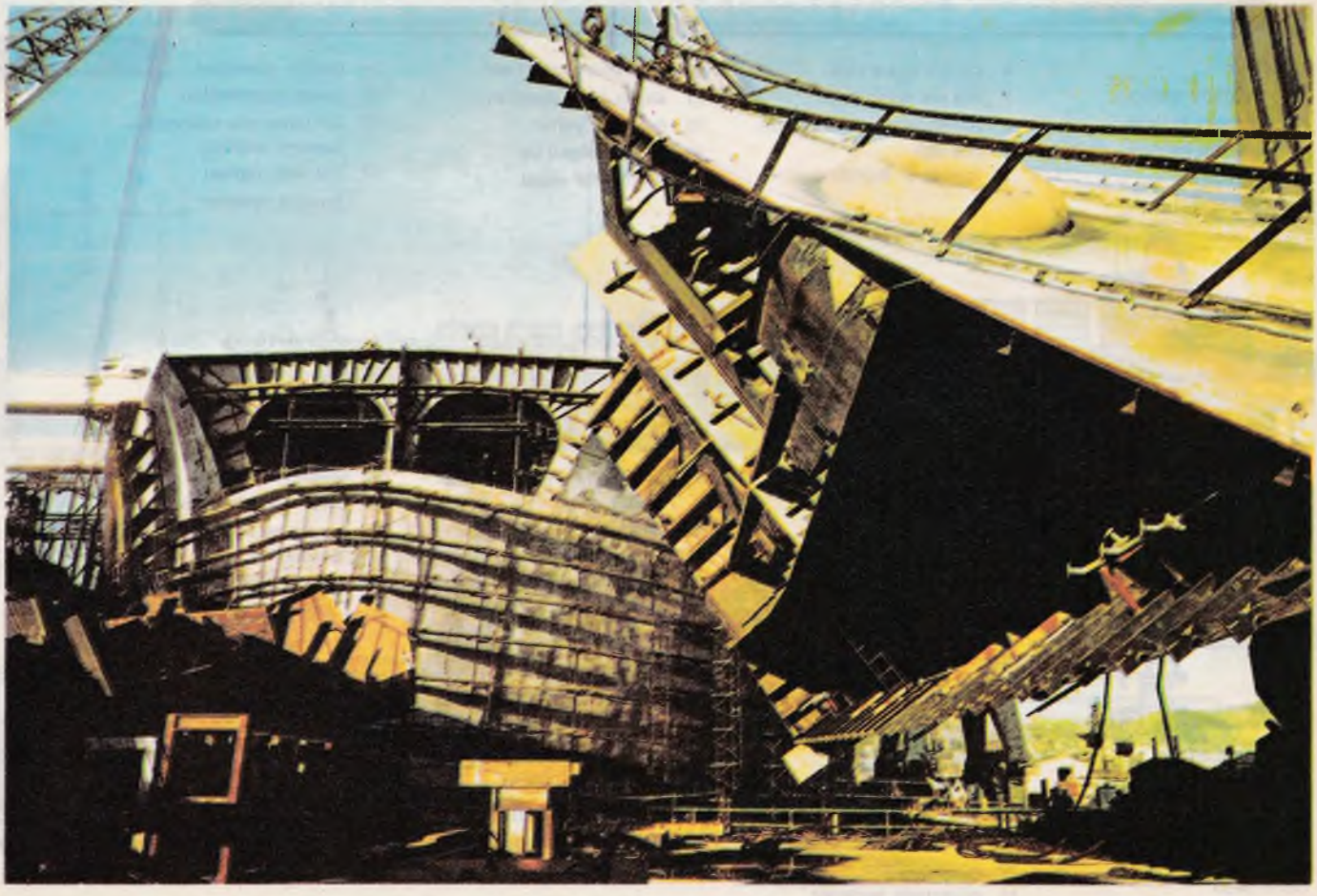
Cayroskop denetimli bir STABİLİZÖR takımı ya da *salma omurgası*, yolcu gemilerinde yalpa miktarını ayarlamada ve dalgaları yarmada önemli işlevler yüklenir. Manevra için de, bodoslama çenesine, çift yönlü çalışan bir *manevra pervanesi* takılır.

Lüks kamaralar üst güvertelerde, tek, çift ya da üç ranzalı kamaralar da alt güvertelerde yeralır. Geminin en önemli bölümü, resepsiyonun, gemi veznesinin, ana merdivenlerin ve asansörlerin bulunduğu giriştir. Bu bölümün, yolcuların en önemli gereksinmelerinin zaman yitirmeden karşılanması açısından, gemide merkezi bir noktada bulunması gerekir. Yolcu gemilerinde çoğunlukla yeralan öteki bölmeler şöyle sıralanabilir: Lokanta; dans salonu; sinema salonu; diskotek; alışveriş merkezi; kokteyl salonları; kulüpler; banka ve kuaförler. Ayrıca bir yüzme havuzu, güvertede bir oyun alanı, küçük çocuklar için bakıcılar, daha büyük çocuklar için de oyun odaları bulunabilir. Gemi yöneticileri kaptan köşküne yakın, tayfa ve kamarotlar ise, daha aşağı güvertelerden birinde kalırlar.

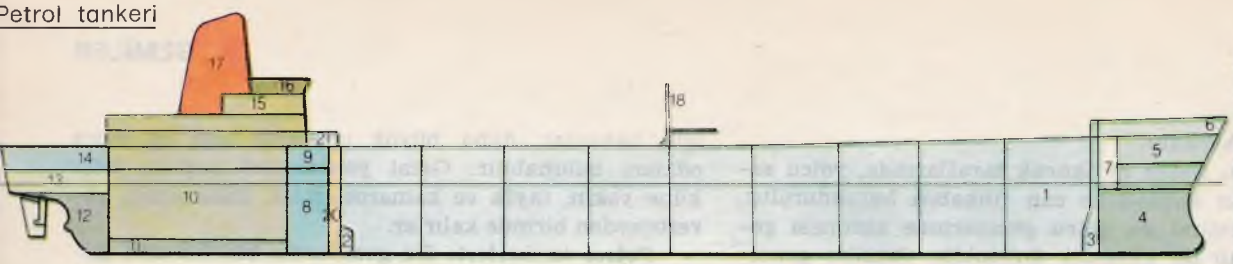
Petrol tankerleri: Bu gemilerde, bir tek ana güverte ve yalnızca makina dairesinde çift karina bulunur. Petrol tankerleri zaten çok bölmeli olduklarından, diplerinin ayrıca çift tabakalı olmasına gerek yoktur. Herhangi bir patlama olasılığını azaltma amacıyla, makina dairesi, geminin kıç tarafına yerleştirilir ve böylece milin, dolu depolardan geçmesi önlenir. Geminin iki ucunda, depoları koruması için birer *tampon bölge* ayrılır. Bölmelerin arasında da, petrolün bir başka depoya akmaması için, bu tür ara bölmeler vardır.

Yükü boşaltmaya yarayan pompalar, geminin dibindeki pompalama odasına yerleştirilir. Bu pompa odası, çoğunlukla, tampon bölmenin bir parçasını oluşturur. Pompalar, genellikle makina dairesinden uzanan dingillerle çalıştırılır. Petrol, ana pompaların ucundaki *emme boruları* aracılığıyla depolardan çe-

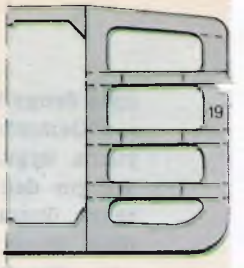
Yokohama'da (Japonya), bir ticaret gemisinin büyük prefabrik parçasının yerine kaldırılışı. (altta) Her parçanın dikkatle yerleştirilmesi, gemi gövdesinin çarpılmaması için zorunludur.



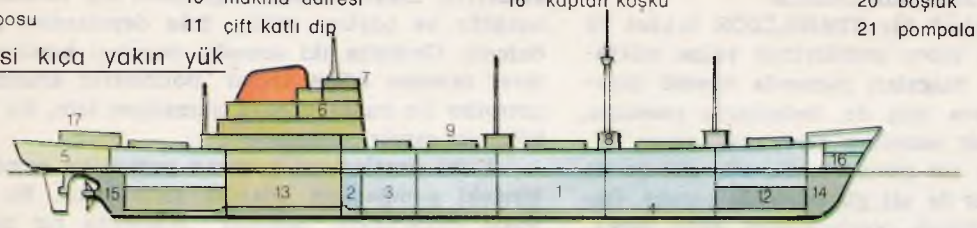
Petrol tankeri



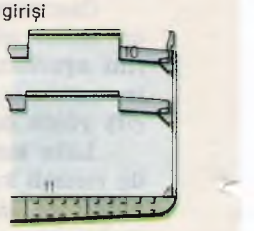
1 orta, iskele ve sancaktaki petrol depoları
2 ana pompalama odası
3 ön pompalama odası
4 baş safra tankı
5 lostromo deposu
6 baş kasara güverteleri
7 zincirlik
8 yakıt deposu
9 yakıt dinlendirme odası
10 makina dairesi
11 çift katlı dip
12 kıç safra tankı
13 yönlendirme mekanizması
14 soğuk hava depoları
15 barınma yerleri
16 kaptan köşkü
17 baca
18 hortumların bağlandığı direk ve bumba
19 çapraz iskelet
20 boşluk
21 pompalama odası girişi



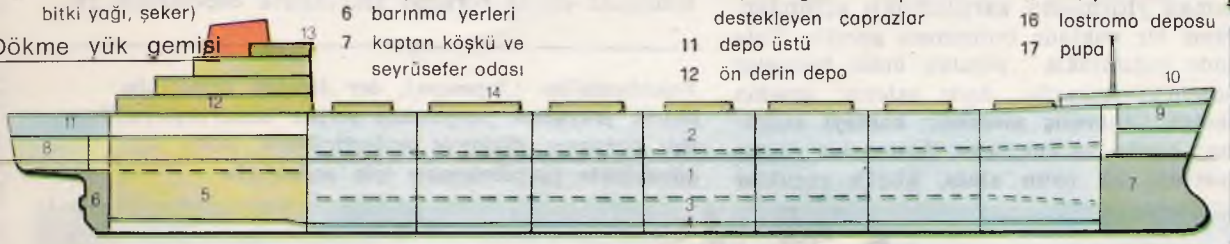
Makina dairesi kıça yakın yük gemisi



1 ambarlar
2 yakıt odası
3 derin depolar (petrol, tahıl, bitki yağı, şeker)
4 çift katlı dip boşlukları
5 yönlendirme mekanizması boşluğu
6 barınma yerleri
7 kaptan köşkü ve seyrüsefer odası
8 direk altı
9 ambar kapakları
10 boyuna güverte kaplamalarını destekleyen çaprazlar
11 depo üstü
12 ön derin depo
13 makina dairesi
14 baş pik tankı
15 kıç pik tankı
16 lostromo deposu
17 pupa

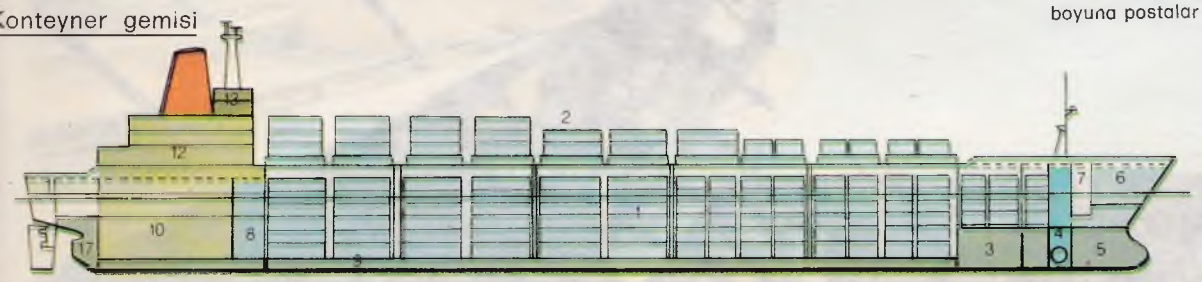


Dökme yük gemisi

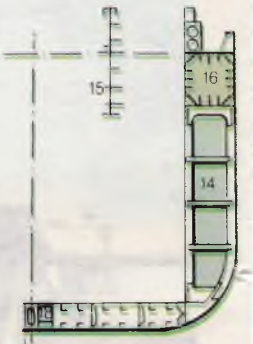


1 ambarlar
2 üst alabanda tankları
3 alt alabanda tankları
4 çift katlı dip depoları
5 makina dairesi
6 kıç pik safra tankı
7 baş pik safra tankı
8 yönlendirme mekanizması boşluğu
9 lostromo deposu
10 baş kasara güvertesi
11 soğuk hava depoları
12 barınma yerleri
13 kaptan köşkü ve seyrüsefer odası
14 ambar kapakları
15 borda kaplamaları
16 üst alabanda tankındaki boyuna postalar
17 çift katlı dipteki boyuna postalar

Konteyner gemisi

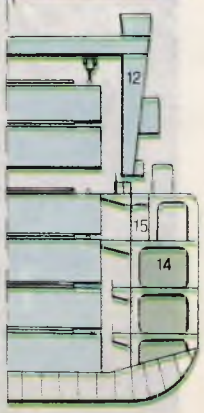


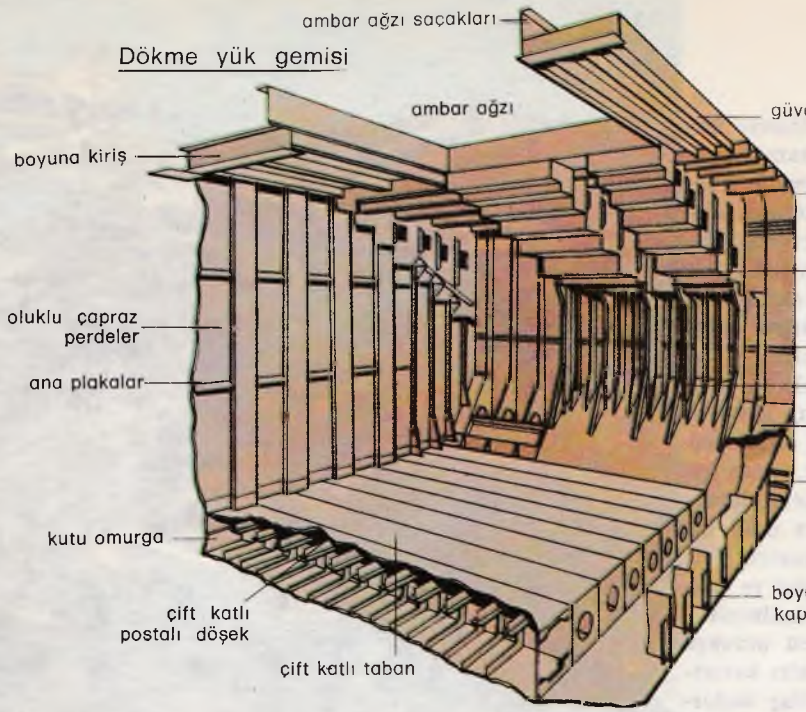
1 konteyner ambarları
2 güvertedeki konteynerler
3 derin trim sarnıçları
4 manevra pervanesi bölümü
5 baş pik safra farkı
6 lostromo deposu
7 zincirlik
8 yakıt deposu
9 çift katlı dip depoları
10 makina dairesi
11 yönlendirme mekanizması boşluğu
12 kamaralar
13 kaptan köşkü
14 su safrası alabanda depoları
15 boyuna kiriş
16 boru ve kablo hattı
17 kıç pik su safra deposu
18 kutu omurga

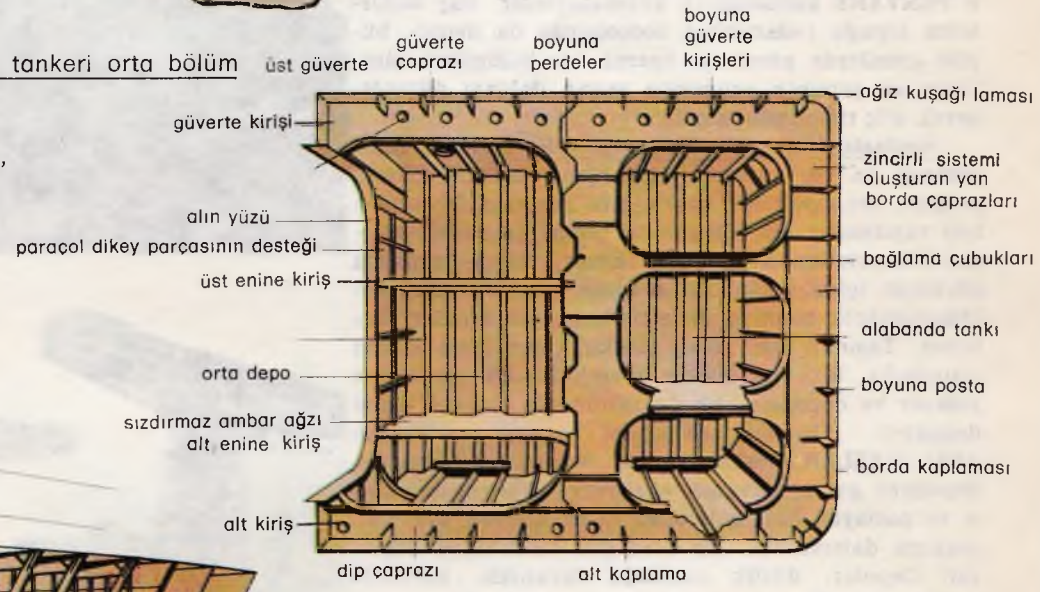


Layter gemisi

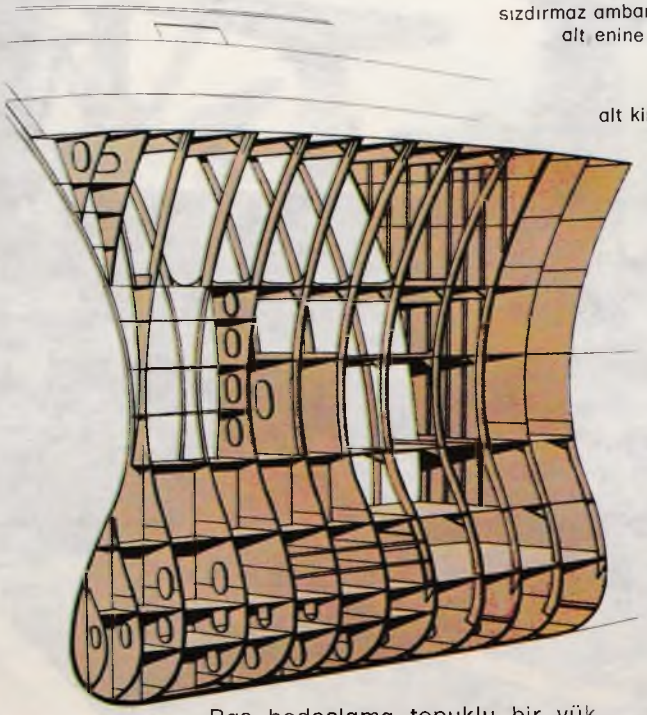
1 layter ambarları
2 yönlendirme mekanizması boşluğu
3 makina dairesi
4 çift katlı dip depoları
5 derin depo
6 baş pik tankları
7 lostromo deposu
8 kren konsolları
9 kamaralar
10 kaptan köşkü
11 güvertede layterler
12 layterleri kaldırmak için kren
13 gemiye alınmaya hazır bir layter
14 alabanda tankları
15 güverte altı geçişi
16 iskele ve sancak bacası







Bazı yaygın ticaret gemilerinin iskelet yapılarının, boyuna ve enine kesitleri. (solda)



Baş bodoslama topuklu bir yük gemisinin ön bölümü

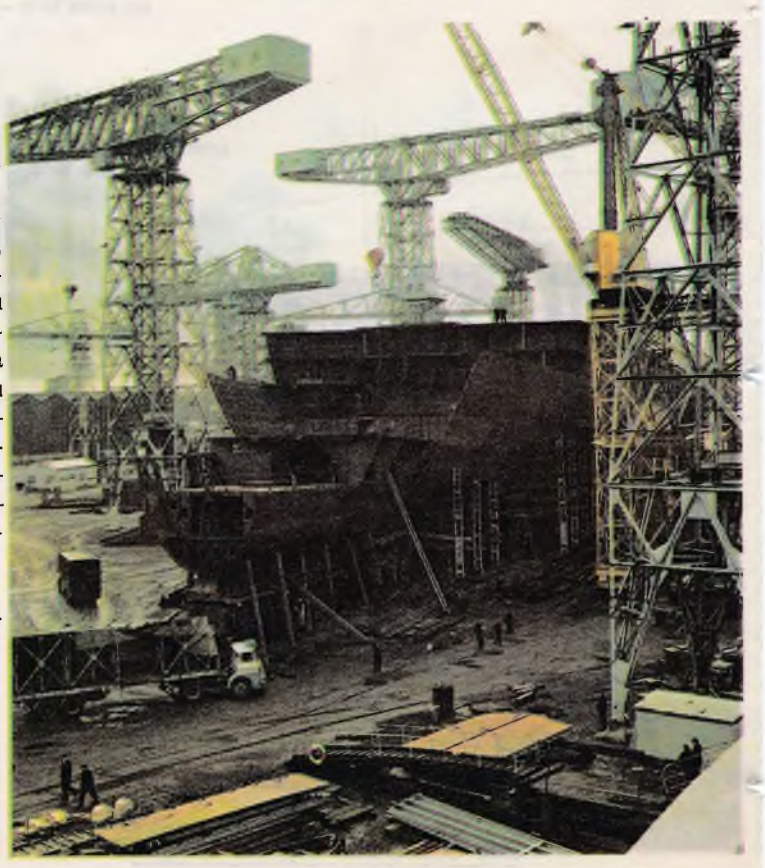
Üç gemi iskeletinin, üç boyutlu çizimleri.

kilir: sonra, güverte üstündeki borulara gelinceye kadar, ana pompa odasından yukarı pompalanır. Güverte üstü boruları, rıhtımdaki boru şebekesine hortumlarla bağlanarak, petrolü rıhtımdaki depoya aktarırlar. Petrol tankerlerinde, kapakları petrol sızdırmayacak biçimde yapılmış ağızlar, merdivenlerle geminin dibine bağlanır. Ayrıca, depolardaki petrolün buharlaşmasıyla oluşan gazın birikmesini önlemek için, açık havaya uzanan borular vardır.

Petrol tankerleri, iki ana perdeyle iskele ve sancak tarafında ikiye ayrılır: *Orta depolar; yan depolar.* Tankerlerin bu biçimde küçük bölmelere ayrılması, hem yükleme ve boşaltmayı kolaylaştırır, hem de geminin dengesini bozabilecek *serbest yüzeyi* daraltır. Deponun boyu da çok önemlidir. Yarı dolu bir depo, geminin hareketiyle dalgalanarak hasara yolaçabilir. Bu nedenle, deponun boyu kısaltılır ve *çalkantı sacı* denilen, dalga kırıcı bir yapı kullanılır.

Büyük petrol tankerlerinin motor gücü oldukça yüksektir ve kanatlara aşırı yük binmesi, altı kanatlı PERVANE kullanılarak önlenmektedir. *Baş bodoslama topuğu* («damlabaş bodoslama» da denir), büyük gemilerde gövdenin önemli bir bölümünü oluşturur ve geminin pruvasına vuran dalgayı düzenleyerek, güç tüketimini azaltır.

Sıvılaştırılmış petrol gazı gemileri: Bu gemiler dörtgen ya da küresel depolarıyla, özellikle bütan, propan, amonyak ve başka sıvı gazların taşınması için yapılmıştır. Bu tür gaz tankerlerinin yapısı, dökme yük gemilerininkine çok benzer; yalnız, bunlarda gövdenin içine takozlarla geminin sarsıntısından etkilenmeyecek biçimde yerleştirilmiş, gaz depoları bulunur. Taşınan sıvı gazın sıcaklığı, genellikle sıfırın altındadır. Bu, sıvı içinde önemli bir ısı gerilimine yolaçar ve depo, sıcaklık değişimleriyle birlikte biçim değiştirir. Depolar arasındaki boşluğa doldurulan ASAL GAZLAR, herhangi bir sızıntı durumunda, depodaki gazın, havanın oksijeniyle karışarak yanıcı ve patlayıcı hale gelmesini önler. Gerekli asal gaz, makina dairesindeki bir asal gaz biriminden sağlanır. Depolar, düşük sıcaklığa dayanıklı, karbonlu çelikten yapılır; çok düşük sıcaklıklarda da gevrekleşip çatlamazlar. Bazı gemilerde depolar, soğutma yerine, 10 cm'lik poliüretan köpüğüyle kaplanır. Sıvı gaz, depoların içinde buharlaştığında, deponun üstündeki kubbelerde toplanır ve borularla *yeniden sıvılaştırma birimi*ne aktarılır. Daha sonra yoğuşturuculardan geçirilen sıvı gaz, gene depoya boşaltılır. Depoların üstündeki kubbeler, ana güvertenin 1 m dışına taşar.



Bu tanker (sağda üstte), bir kuru dokta yapılmış ve dokun suyla doldurulmasıyla yüzdürülmüştür. Kapasitesi toplam 276 000 tondur.

«Queen Elizabeth 2»nin 1966 yılında İskoçya, Clydebank tersanesinde yapılışı sırasında çekilmiş bir fotoğraf. (sağda altta)

Bir Japon tersanesinde yapılmakta olan büyük bir tanker. (altta)

Bazen gemide, sıvılaştırıcı ya da soğutucu bulunmayabilir ve buhar uçup gider. Böyle durumlarda, buharlaşan gaz, makina dairesine aktarılarak, gemi yakıtı olarak kullanılır. Bu sistem hem daha az karmaşık, hem de gemideki donanım açısından daha ucuzdur; ama yolculuk süresince, yükün belli bir yüzdesinin tükenmesine yolaçar. Boşaltma, sıvı gazın, geminin orta bölümünden kumanda edilen pompalarla, depoların dibinden pompalanmasıyla gerçekleştirilir. Pompalama sırasında, gazın pompa pervanesinde buharlaşmaması ve emicide buhar oluşturmaması için, bir ters basınç gerekir.

Depolardaki hava, yüklemeden önce bir asal gazla değiştirilir. Bir kez gaz doldurulan depoların, her yüklemede yeniden asal gaz işleminden geçirilmesine gerek yoktur.

Prefabrik gemi yapımı: Bir geminin nasıl yapılacağı, öncelikle geminin türüne ve geminin yapılacağı tersanedeki teknik olanaklara bağlıdır.

Sözgelimi, bir dökme yük gemisi, bütün tersanelerde şöyle yapılır. Önce *dip kaplamaları* ve *boyuna parçalar*, montaj kızaklarında tek parça halinde hazırlanarak, yapım alanına getirilir. Sonra, çifte dip birimi, alt kaplamanın üstüne kaynaklanır. Ambar alabandası da yerine yerleştirilip kaynaklanır; iki perde, gemi boyunca yan yana getirilerek belli bir eğimle yerleştirilir. Bundan sonra, ambar alabandasına ve perdelere dış kaplamaların montajı başlar. Üst ambar alabandası da yerine taşınarak, orta güvertenin öteki parçalarıyla birlikte kaynaklanır. Böylece geminin orta iskeleti ortaya çıkar. Geminin baş ve kıç bölmeleri aynı anda yapılır. Her tersanede kullanılmamakla birlikte, bu teknik, işçilik dağılımının eşit olmasını sağlar. Ortadan başlamak, geminin öteki bölümlerinin yapımı sırasında sağlıklı ölçülerin alınmasında yararlı olur. Her büyük parçanın montaj için yapım alanına getirilip omurga üstüne yerleştirilmesinden sonra, gövdenin doğruluğu, bir optik sistemle yeni baştan denetlenir; bu yapılmazsa, sonuçta çarpıklıklar belirebilir.

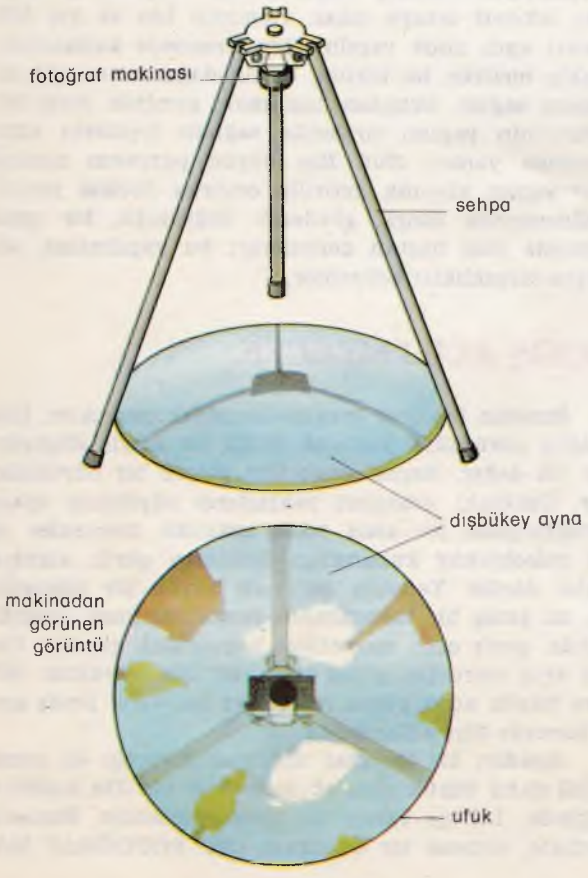
GENİŞ AÇILI MERCEK

Sıradan fotoğraf makinalarındaki mercekler, film üstüne görüntüyü yaklaşık 55°lik bir açıyla düşürürler. Bu değer, birçok amaç için yeterli bir büyüklüktür. Uzaktaki nesneleri yaklaştırıp büyütmek içinse fotoğrafçılar, ya uzun odak uzaklıklı mercekler ya da *teleobjektif* kullanırlar. Bunların görüş alanları daha dardır. Yakında bulunan büyük bir nesnenin ya da geniş bir manzaranın resmi çekilmek istendiğinde, *geniş açılı merceklere* başvurmak gerekir. Geniş açılı merceğin görüş alanı, 60°'den büyüktür. 80°'den büyük açıyı gören mercekler ise, «*çok geniş açılı mercek*» diye adlandırılır.

Sıradan bir fotoğraf makinası merceği ile kırma gücü daha büyük olan ek mercekler birlikte kullanıldığında, 110°'ye varan bir alan görülebilir. Bununla birlikte, sisteme bir diyafram (Bk. FOTOĞRAF MA-

KİNASI) eklenmeden önce yapılan uygulamalarda, görüntü bozuk olmaktaydı. Refleks (yansıtıcı) makinalarda kullanılan bu teknik, oldukça yalındır (bunlarda, görüntüyü ekran içine almada kullanılan sistem, doğrudan objektiften yararlanır): Diyaframı gereken konuma ayarlamak için, ucu diyaframa tutturulmuş halka, bir yönde döndürülür; sınıra ulaştıktan sonra da, ters yönde çevrilir. Böylece diyafram, giderek en büyük durumuna getirilir. Bu konumda, objektiften yeterli oranda ışık geçerek, resmi çekilecek nesnenin, yansıtıcı ekran üstünde odaklanmasını sağlar. Fotoğraf çekilmeden önce, halka yeniden, gidebildiği kadar geriye çevrilir; böylece, poz için gereken ışık niceliği ayarlanmış olur.

Modern geniş açılı merceklerde, daha büyük diyafram açıklıkları da kullanılır; ama filmin kenarlarına doğru düşen ışık niceliği hızla azaldığından, görme alanı en çok 110° ile sınırlandırılır; çünkü filmin aldığı ışık, ortasından kenarlarına doğru azalır. Objektiflerde ayarsız diyaframlar kullanılması nedeniyle ortaya çıkan *çevre-gölgelenmesi* olayı, filmin kenarına yakın yerlere düşen ışık niceliğini daha da azaltır (ayarlanamayan diyaframlar, geçen ışık demetini küçültmek ve böylece, bazı merceklerin ne-



Empire State Building'in (New York) tepesinden, geniş açılı mercekle çekilmiş bir fotoğraf. (üstte)

Ucuz bir balıkgözün yapılışı. (solda) Süsleme amacıyla kullanılan çukur bir aynaya, tam merkezden makinayla bakılıp, odak uzaklığı sonsuza ayarlanır. Alttaki çizimde görüldüğü gibi, makinanın kapsadığı dairesel görüntü, çok geniş bir alanı içine almaktadır. Bu tür düzenlemeler, meteorologlar ve gökbilimciler tarafından, bulutları ve kutup kızıllığını gözlemek için kullanılır.

Bir teknenin direğinden, balıkgözü objektifle çekilmiş resim. (sağda)

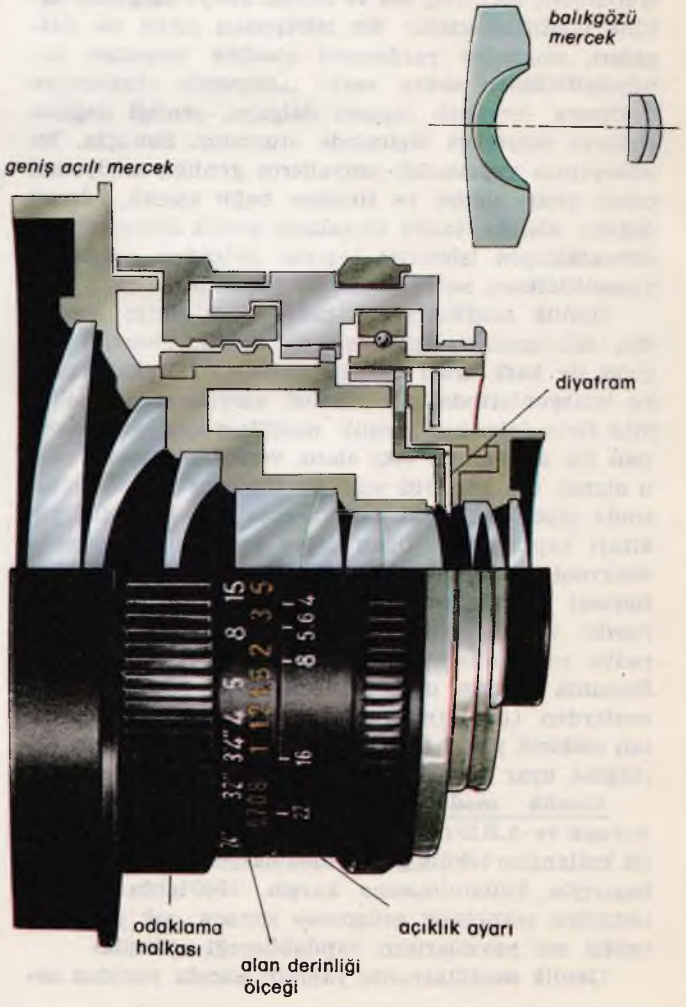
den olduğu görüntü bozulmasını en aza indirmek için kullanılır). Artodaklı objektiflerde, filmin kenarlarına doğru ışık niceliğinin azalması daha önemsizdir. Özellikle birbirine ters düzende yerleştirilmiş bileşenlerden oluşan teleobjektifler, daha büyük olmalarına karşın, genellikle geniş açılı mercek yerine kullanılırlar.

Çekilen fotoğrafta görüntünün biraz bozuk olması göze alınırsa, çok daha geniş açılar görüntülenebilir. Özellikle, gökyüzündeki bütün bulutların ya da meteor izlerinin fotoğrafının çekilmesinde, 180°'lik görme açıları gerekebilir. Çok geniş açılı (220°'lik) merceklerin verdikleri görüntüde, cismin kenarları, sıkıştırılmış gibi görünür. Söz konusu merceklere «*balıkgözü mercek*» de denir (çünkü, suyun ışığı kırmasından ötürü, su yüzeyi üstünde kalan 180°'lik alan, su altından bakıldığında 100° bir açı içine sığdırılmaktadır). Balıkgözü mercek, birkaç santimetre ile sonsuz arasında bulunan uzaklıktaki bütün nesnelerin görüntülerini, keskin çizgilerle verebilir; bu nedenle, odaklamaya gerek yoktur. Balıkgözü mercekler, çoğunlukla fotoğraf hileleri için kullanılır ve bilerek görüntü yamulması yaratılır. Ama gerektiğinde, bu film aynı tür merceklerden geçirilip izdüşümü alınarak, yamulma kaldırılır ve asıl görüntü elde edilir.

Çeşitli optik *sapma*ları (Bk. MERCEK) ortadan kaldırmak için, hem geniş açılı mercek sistemlerinde, hem de balıkgözü objektiflerde 10 kadar yardımcı mercek kullanılır. Her merceğin havaya değen yüzeyinde, yansımadan ötürü, gelen ışığın % 5 kadarı yiter; dolayısıyle, 10 mercekli bir sistemde, ışığın en az yarısı yok olur. Bazen, yansıyan bu ışınlardan bazıları filme dönerek, «*mercek parlaması*» adı verilen parlak lekeleri oluşturur. 1940'larda *kaplama* ya da *menevişleme* tekniği geliştirilerek, mercek yüzeyleri yetkinleştirilmiş, böylece, bir mercek yüzeyindeki ışık yitimi, % 1'e indirilmiştir. Bu durumda 10 mercek bile kullanılsa, yitirilen ışık miktarı çok az olmakta, mercek parlamaları da en aza düşürülmektedir. Kaplama malzemesi, magnezyum flüorür ya da kalsiyum flüorürdür ve mercek yüzeyine, ışık dalgaboyunun dörtte biri kalınlıkta (bir milimetrenin on binde biri) bir tabaka halinde kaplanır.

Kaplama, merceğin yalnızca ön yüzünden yansıyacak olan ışığı, kaplamanın önünden ve arkasın-

35 mm'lik makinalarda kullanılan, 21 mm odak uzaklıklı f4 geniş açılı objektifin kesiti. (altta) İçine ayrıca, 18 mm için f11'lik balıkgözü mercek düzenlemesi yerleştirilmiştir. Odak uzaklıkları 6 mm'ye kadar olabilir. Balıkgözü mercekler, görüntünün kenarlarındaki doğru çizgileri yamultur.



dan eşit miktarda yansıtır. Kaplama kalınlığından ötürü, bu iki ışık dalgası arasında yarım dalgaboyu fark vardır ve dalgalardan birinin en üst genliği, öbürünün karşıt yöndeki en üst genliğine denk geldiği için, birbirlerini bütünüyle söndürürler *(söndürücü girişim)* (Bk. GİRİŞİMÖLÇER; DALGA HAREKETİ). Dolayısıyla bu dalgaboyunda ışık hiç yansımaz. Uygulamada, mercekler, yeşil ışığın dalgaboyuna göre bir kaplamayla kaplanır. Bu durumda kırmızı ve mor renkler yansıyacağından, mercek morumsu renkte görülür. Kaplamalı merceklerin çok dikkatli kullanılmaları gerekir; çünkü bu ince kaplamalar kolayca zedelenebilmektedir.

GENLİK Bk. SİNÜS DALGASI

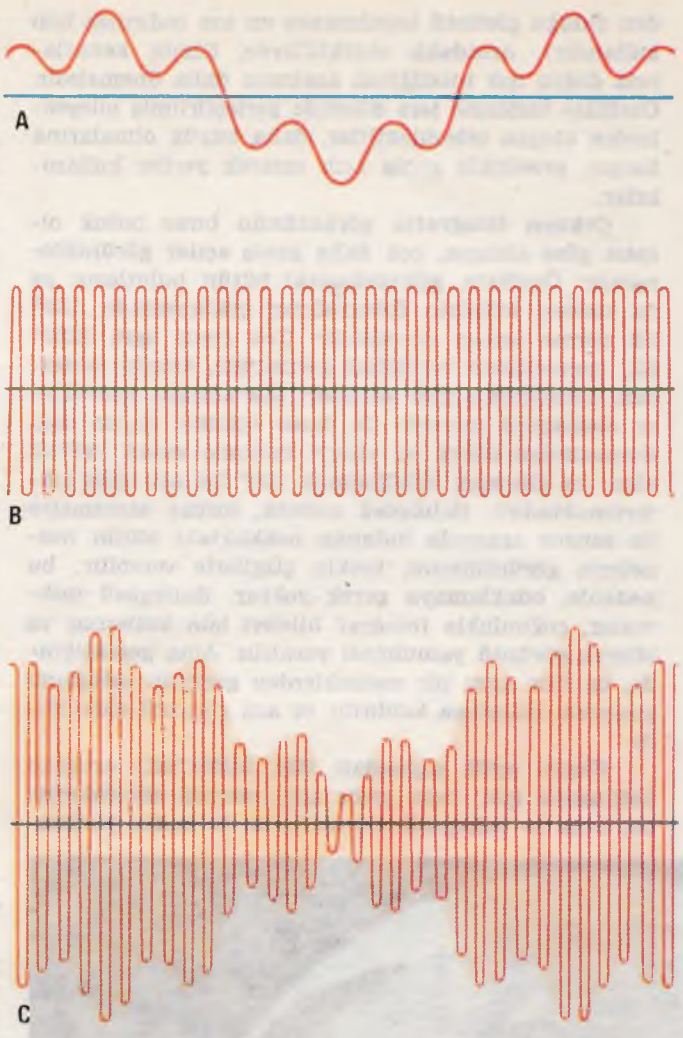
GENLİK MODÜLASYONLU RADYO

Genlik modülasyonlu (AM) RADYO terimi, dünyanın aşağı yukarı bütün bölgelerinde orta dalga bandından, Avrupa'nın bazı bölgelerinde de uzun dalga bandından yayın yapan sistemlere verilen addır. Kullanılan teknikte, söz ve müzik, radyo dalgaları üstüne bindirilmektedir. Bir stüdyodan çıkan ses dalgaları, mikrofon yardımıyla elektrik sinyaline dönüştürüldükten sonra, verici istasyonda oluşturulan değişmez frekanslı *taşıyıcı dalga*ya, *genliği* değişen elektrik sinyalleri biçiminde oturtulur. Sonuçta, bir istasyonun yayınladığı sinyallerin genliği, stüdyodan çıkan sesin şiddet ve tınısına bağlı olarak, sürekli değişir. Alıcıda, radyo sinyalinin genlik değişiklikleri, *demodülasyon* işlemiyle taşıyıcı dalgadan ayrılır ve yükseltildikten, sonra hoparlöre gönderilir.

Genlik modülasyonlu radyo, kısa dalga üstünden uluslararası haberleşmede, trafik denetiminde, gemi ile kara arası haberleşmede ve hareketli radyo istasyonlarında, profesyonel amaçlarla da kullanılır. Orta dalgadan genlik modülasyonlu yayın yapan bir istasyonun etki alanı, vericinin gücüne bağlı olarak (bu güç, 100 watt ile 100'lerce kilowatt arasında olabilir), küçük bir kasabayı ya da bütün bir kıtayı kapsayabilir. Uzun dalga genlik modülasyonlu istasyonlarıysa, daha da büyük alanları etkileyebilir. Normal olarak, radyo dalgaları bir doğru boyunca yayılır ve bu, ufuk düzlemiyle sınırlı olduğundan, radyo vericisinin menzili yaklaşık 70 km'yi geçmez. Bununla birlikte, orta ve uzun dalga sinyalleri, iyonosferden (üst atmosferde radyo dalgalarını yansıtan elektrik yüklü tabaka) yansıyarak, Dünya'nın eğriliğine uyar ve çok daha büyük uzaklıkları aşarlar.

Genlik modülasyonunun yararları: 1920'lerde Avrupa ve A.B.D'nde radyo yayınları başladığı zaman, ilk kullanılan teknik,genlik modülasyonuydu.Uzun süre başarıyla kullanılmasına karşın, 1940'larda gerçekleştirilen teknolojik gelişmeler sonucu, çok daha nitelikli ses yayınlarının yapılabileceği anlaşıldı.

Genlik modülasyonlu yayının alıcıda yeniden se-



Bir genlik modülasyonlu sinyalin oluşum biçimi. (üstte) Yayınlanacak sinyal, çeşitli frekansların karışımından oluşur (A). Vericinin ürettiği taşıyıcı dalga, yüksek frekanslı ve değişmez genliklidir; üstüne sinyal binmediği sürece de genliği değişmez (B). Genlik modülasyonlu bir sinyal, bu iki dalganın birleşmesiyle elde edilir. Böylece, taşıyıcı dalganın genliği, sinyal dalgasının genliği tarafından sürekli olarak biçimlendirilir (C). Asıl ses dalgasını elde etmek için, radyo alıcısı, bu iki sinyali birbirinden ayırır.

se çevrilmesi, nitelik açısından pek iyi sonuç vermez; gerek genlik modülasyon tekniğinin kendinden gelen sınırlamalar, gerekse orta dalga bandındaki girişimler dolayısıyle, ses bozulmaktadır. Girişimler, özellikle geceleri önemli bir sorun halini almaktadır; çünkü iyonosferin yapısı gereği, Güneş battıktan sonra, orta dalga sinyalleri daha uzun bir yol aldıktan sonra dünyaya yansımaktadır. Bu durumda sinyaller, başka istasyonlarla karışıp, ıslık ve gürültü oluşturur.

Bu sakıncasına karşın, genlik modülasyonu

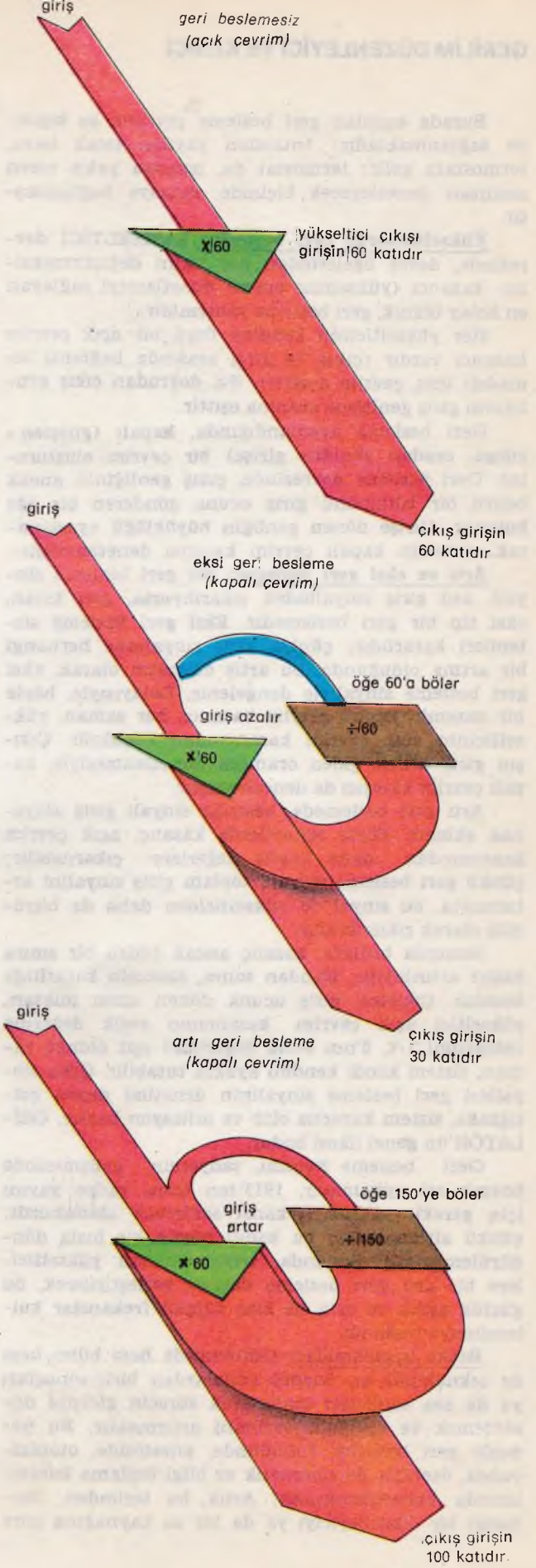
yöntemi, gene de en çok kullanılan yayın tekniğidir. Frekans modülasyonlu (FM) radyo sistemleri, daha nitelikli yayın yaparlar; ama bunların otomobil radyoları ve transistörlü el radyoları tarafından alınması oldukça güçtür.

Son yıllarda mikrodevre maliyetinin hızla düşmesi, daha önce yalnızca pahalı alıcılarda kullanılan devrelerin, ucuz transistörlü radyolara da takılması olanağını yaratmıştır. Bu tekniklerden birine *«tek ara bant»* adı verilir. Özellikle genlik modülasyonlu yayında raslanan girişim etkilerini, önemli ölçüde azaltır. Tek ara bant sistemiyle, verici istasyonun normal sınırları içinde, daha nitelikli ses elde edilir. Ayrıca, aşırı kalabalık orta dalga bandında tek ara bant daha az yer kaplar. A.B.D'nde yapılan başarılı çalışmalar sonucu, bu tekniğin biraz değiştirilmesiyle, otomobil radyoları tarafından da alınabilecek stereo genlik modülasyonlu yayınların yapılabileceği anlaşılmıştır.

GERİ BESLEME

Geri besleme devreleri, bir aygıtın çıkışının bir bölümünü, biçimlendirmek için yeniden aygıta giriş olarak veren devrelerdir. Bu çok aşamalı sürecin bir aşaması, aynı süreç içinde bir önceki aşamayla birleştirildiğinde, *geri besleme çevrimi* elde edilir. Çevrim süreci, izleme ve düzenleme için kullanılabilir. «Geri besleme» sözcüğü, mühendislik sistemlerindeki, özellikle de elektronik devrelerdeki öneminin yanı sıra, *«yeniden düzenleme»* anlamında, günlük yaşamda da kullanılır. Sözgelimi, bir radyo ve TV kuruluşu, yayınlamış olduğu programların izleyiciler üstündeki etkisini ölçüp, gelecekteki programları ona göre hazırlamak için, «geri besleme» yönteminden yararlanır. Ya da bir öğretmen, çıkan sonuca göre dersleri yeniden düzenlemek için, ders verme yönteminin öğrenciler üstündeki etkisini, «geri besleme» yöntemiyle saptar. Geri besleme, öğretim araçlarında (Bk. GÖRSEL-İŞİTSEL AYGITLAR), öğrencilerin gelişme hızlarının saptanması amacıyla da kullanılabilir.

Yalın bir geri besleme mekanizması: Bir odanın sıcaklığını istenen düzeyde tutmak için önceden ayarlanmış olan ve bir ısıtıcıyı denetleyen TERMOSTAT yalın bir geri besleme mekanizmasıdır. Oda ayarlanan sıcaklığa ulaşınca, termostat devreyi keser. Oda soğumaya başlayıp, ayarlanan sıcaklığın altına düşünce, devre yeniden tamamlanır. Böylece sıcaklık, belirli sınırlar arasında tutulur.



Sağdaki resimde, üstte görülen açık çevrimli (geri besleme yok) yükselticinin kazancı 60'tır. Eksi geri besleme kullanıldığında (ortada), çıkışın 1/60'ı, giriş sinyalinden çıkarılır. Böylece, bütün sistemin kazancı 30'a düşer (yükselticinin kazancının 60 olmasına karşılık). Artı geri besleme uygulandığında (altta), girişe, çıkışın 1/150'si eklenir ve toplam kazanç 100'e ulaşır.

Burada kurulan geri besleme çevrimi, şu biçimde sağlanmaktadır: Isıtıcıdan yayılan sıcak hava, termostata gelir; termostat da, ısıtıcıya yakıt veren anahtarı denetleyecek biçimde, ısıtıcıya bağlanmıştır.

Yükselticilerde geri besleme: YÜKSELTİCİ devresinde, devre öğelerinden hiç birini değiştirmeksizin kazancı (yükseltme oranı) denetlemeyi sağlayan en kolay teknik, geri besleme yöntemidir.

Her yükselticinin kendine özgü bir *açık çevrim kazancı* vardır (çıkış ile giriş arasında bağlantı olmadığı için, çevrim açıktır). Bu, doğrudan çıkış genliğinin giriş genliğine oranına eşittir.

Geri besleme uygulandığında, kapalı (girişten - çıkışa, oradan yeniden girişe) bir çevrim oluşturulur. Geri besleme devresinde, çıkış genliğinin ancak belirli bir bölümünü giriş ucuna gönderen bir öğe bulunur. Girişe dönen genliğin büyüklüğü ayarlanarak, sistemin kapalı çevrim kazancı denetlenebilir.

Artı ve eksi geri besleme: Bir geri besleme sinyali, asıl giriş sinyalinden çıkarılıyorsa, geri kalan, eksi tip bir geri beslemedir. Eksi geri besleme sistemleri kararlıdır; çünkü, giriş sinyalinde herhangi bir artma olduğunda, bu artış otomatik olarak, eksi geri besleme sinyaliyle dengelenir. Dolayısıyle, böyle bir sistemin kapalı çevrim kazancı, her zaman, yükselticinin açık çevrim kazancından küçüktür. Çıkışın giriş ucuna giden oranının denetlenmesiyle, kapalı çevrim kazancı da denetlenebilir.

Artı geri beslemede, besleme sinyali giriş sinyaline eklenir. Böyle sistemlerde kazanç, açık çevrim kazancından daha büyük değerlere çıkarılabilir; çünkü geri besleme sinyali, toplam giriş sinyalini artırmakta, bu sinyal de yükselticiden daha da büyümüş olarak çıkmaktadır.

Bununla birlikte, kazanç ancak belirli bir sınıra kadar artırılabilir. Bundan sonra, sistemin kararlılığı bozulur. Çıkıştan giriş ucuna dönen akım miktarı, yükseltici açık çevrim kazancının evrik değerine (sözgelimi 1/6, 6'nın evrik değeridir) eşit olduğu zaman, sistem kendi kendini ayakta tutabilir. Çıkış sinyalleri geri besleme sinyalinin denetimi dışına çıktığında, sistem kararsız olur ve osilasyon başlar. OSİLATÖR'ün genel ilkesi budur.

Geri besleme kuramı, radyonun gelişmesinde önemli rol oynamıştır. 1913'ten önce, radyo yayını için gerekli yüksek frekansı sağlamak olanaksızdı; çünkü alternatörler, bu kadar büyük bir hızla döndürülemiyordu. Sonunda, triyot lambalı yükselticilere bir artı geri besleme devresi yerleştirilerek, bu güçlük aşıldı ve orta ile kısa dalgalı frekanslar kullanılmaya başlandı.

Başka uygulamalar: Günümüzde hem bilim, hem de teknolojide en önemli konulardan biri, sonuçları ya da ara sonuçları kullanarak sürecin gidişini düzenlemek ve sistemin verimini artırmaktır. Bu nedenle geri besleme, ruhbilimde, anestezide, otomasyonda, özellikle de sibernetik ve bilgi toplama kuramlarında kullanılmaktadır. Artık, bu terimden, herhangi bir düzenleyiciyi ya da bir ısı kaynağına göre yön değiştiren bir füzenin yörünge denetimini, bilgisayar denetimli montaj hatlarını ve kendinden düzenlemeli otomatik aygıtları tanımlamada yararlanılabilir. Geri besleme, bir basınç göstergesinin okunup, bu okumalara göre düzeltme yapılmasından, bir uçaktaki otomatik pilot mekanizmasının yaptığı sürekli düzeltmelere kadar, çok değişik biçimler alabilir. Otomatik pilotta apansız yer ve durum değişmeleri, elektronik bir aygıtı besler. Bu aygıt, belli bir radyo sinyalinden aldığı başvuru, yer ve durum değerleri ile girişleri karşılaştırır. Gerçek ile ideal değerler arasında bir fark ortaya çıktığında, uçağın yönlendirme sistemi, bu farkı ortadan kaldıracak biçimde otomatik olarak çalışır.

Geri beslemeli denetim teknolojisinde en önemli yeri, SERVOMEKANİZMA türleri kapsar. Bunlar, çok yaygın kullanılır ve süreçleri otomatik olarak denetlerler. Servomekanizma, bir değişkenin gerçek değeri (sözgelimi bir cismin yeri) ile bunun önceden saptanmış en ideal yeri arasında belirecek farklara yanıt veren bir aygıttır. Bu fark, sözgelimi bir gemi pusula ibresinin gösterdiği yer ile geminin o anda aslında bulunması gereken yer arasındaki fark olabilir ve küçük bir elektrik akımıyla tanınır. Akım, yükselticiden geçtikten sonra, geminin dümen sistemini harekete geçirip gerekli düzeltmeyi yaptırır. Söz konusu yöntem, yörüngesinden sapan bir uyduyu yeniden yörüngeye sokmak için, küçük bir roketi ateşlemede de kullanılır.

GERİLİM DÜZENLEYİCİ VE KESİCİ

Motorlu taşıtların üreteçlerinden çıkan akımın şiddeti, motorun devir sayısıyla orantılı olarak artar. Bu hızlar 1 000 — 15 000 devir/dakika arasında değişir. Dolayısıyle, bir akümülatörü doldurmak ve bazı elektrikli araçları çalıştırmak için, alternatör çıkışının denetim altında tutulması gerekir.

İlke bakımından aynı olmakla birlikte, iki tür üreteçten DİNAMO ve ALTERNATÖR'e, ayrı ayrı denetim sistemleri uygulanır. Ancak, her iki üreteçte de, gerilim yükselirken, üretecin alan oluşturan akımı azalır; gerilim azalırken de, bu alan artar. Uygulanan denetim yöntemleri, temelde ikiye ayrılır: Elektromagnetik; elektronik. Dinamolarda, elektromagnetik denetleme sistemleri kullanılır; oysa alternatörlerde, genellikle elektronik denetim sistemleri yeğlenir. Elektromagnetik olarak denetlenen alternatörler de vardır; ama eğilim, elektronik yolla denetleme doğrultusundadır. Bu denetim aygıtlarına «*konjonktör*» adı da verilir.

Üreteç, bir akümülatöre ya da herhangi bir elektrik donanımına akım gönderirken, üretilen gerilim, akümülatördeki gerilim düzeyinin altına düşerse, akümülatördeki akımın, üretecin sarımları üstünden geri boşalmasını önlemek gerekir. Söz konusu üreteç bir alternatör olduğu zaman, doğrultucu devredeki diyotlar, geri boşalmayı önler; ama dinamo sistemlerinde, elektromekanik *kesme*yi denetleyecek anahtara gerek vardır.

Dinamo denetimi: Dinamo sisteminde hem kesici, hem de düzenleyici görevi yapan denetim birimlerine gereksinim vardır. Kesme düzeni için, elektromagnetik bir anahtarın sarım uçları üreteç çıkışına, normal olarak bir yay sistemiyle açık tutulan anahtar kontakları da, üreteç çıkışı ile akümülatör arasına bağlanır. Gerilim yeterince yükselince, anahtar kontakları kapanır ve üreteçten akümülatöre akım geçmeye başlar. Anahtarı sürekli kapalı tutmaya yardımcı olma amacıyla, anahtarın çevresine seri bağlanmış bir bobin (üreteç ile akümülatör arasında) daha sarılmıştır. Üreteçten çıkan gerilim düştüğünde, akümülatörden üretece kısa bir süre için akım geçer. Bu akım, seri bağlı bobinin, anahtarı ters doğrultuda çalıştırmasına ve kontakların açılmasına neden olur. Böylece, akümülatörün boşalması önlenir.

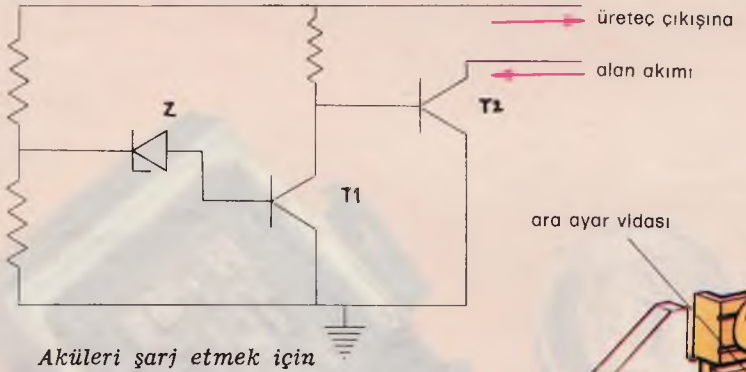
Gerilim düzenleyici de, gene üreteç çıkışına bağlanmış başka bir elektromagnetik anahtardır. Bu anahtar, dinamo alanını denetler ve normal olarak kontaklar kapalı durur. Gerilim, yükseldiği zaman, elektromıknatısın döner kontağını taşıyan armatürü çeker ve alan devresi kesilir. Böylece, anında bir gerilim düşmesi olacağından, armatür yeniden serbest kalır ve kontak işlevini sürdürür. Açılıp kapanma işlemi çok hızlıdır (saniyede 40-60 kez). Kontaktör yayları ayarlanarak, gerilim önceden saptanan bir düzeyde tutulabilir.

Akümülatör şarjdan düşmüşse, üretecin ürettiği akım, kendi sarımlarını bozabilir. Bunu önlemek için, iki tür denetim yöntemi vardır. Bunlardan birinde, düzenleyici şönt bobini çevresine, seri alanlı ikinci bir bobin sarılmıştır. Bu bobinden fazla akım geçtiğinde, kontaklar açılır ve düzenleyici gerilim düşer. Dolayısıyle, geçen akım miktarı da azalır. İkinci yöntemdeyse, gerilim düzenleyici kontaklarına, seri olarak bir dizi başka kontak bağlanır. Bu kontaklar, çekilen akımın çalıştırdığı bir elektromıknatısla denetlenir. Yüksek bir akım geçerse, akımla denetlenen kontaklar, gerilimle denetlenen kontaklardan daha önce açılır; böylece, üretilen gerilim, yeniden çalışma değerinin altına düşer.

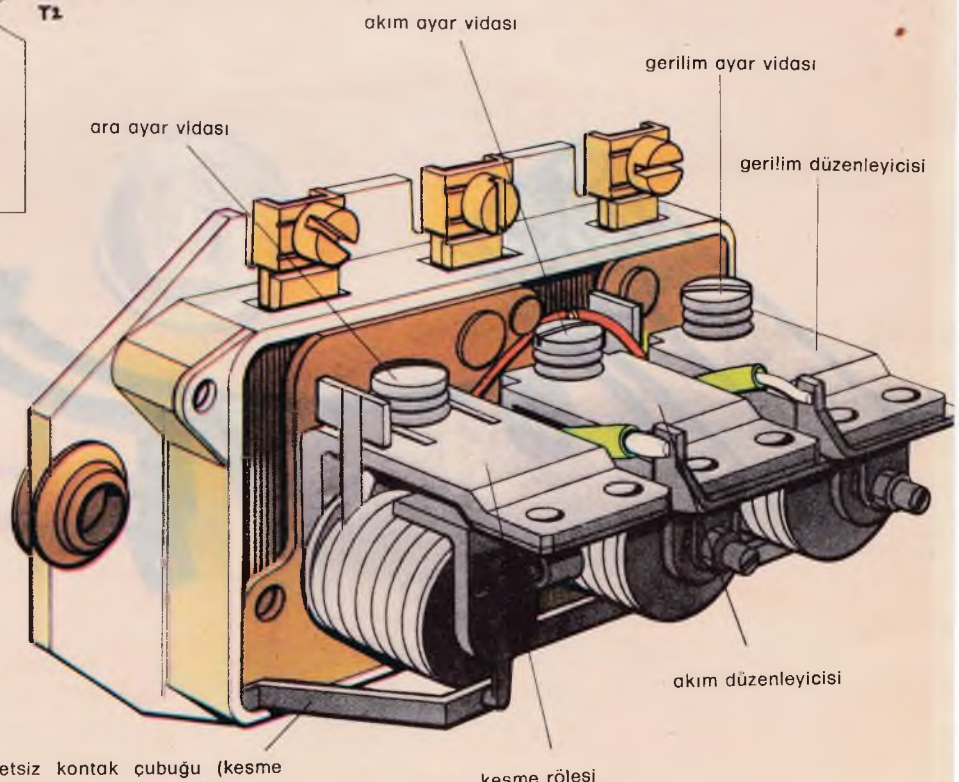
Alternatör denetimi: Alternatör, *kendi kendini denetleyebilen* bir araç olarak bilinir; çünkü belli bir gerilimde alternatörün üreteceği akım miktarı sınırlı olur. Bu durum, aygıt düzenlenirken saptandığından, akımı denetleyecek ayrı bir birime gerek kalmaz. Ayrıca, alternatör çıkışları akımın yalnızca bir yönde gitmesine izin veren diyotlardan geçtiği için, kesici devreler de gereksizdir. Bunlarda kullanılacak tek denetim birimi, gerilim denetleyicisidir.

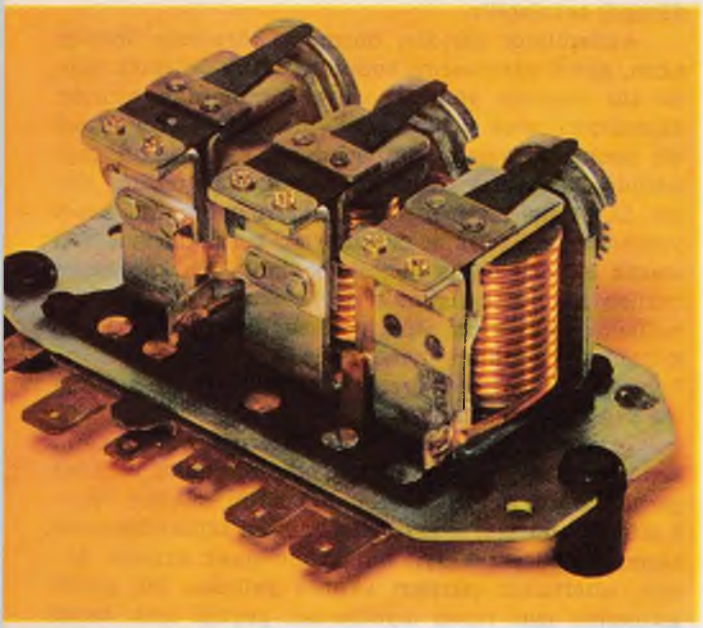
Bazı alternatörlerde, elektromekanik denetim sistemleri kullanılmaktadır; ama bunların yerini günden güne, daha güvenilir ve duyarlı olan elektronik

elektronik gerilim düzenleyicisinin yalınlaştırılmış çizimi



Aküleri şarj etmek için dinamolarda kullanılan elektromagnetik gerilim düzenleyicilerde, en az üç röle kullanılır. Alternatörlerde yalnızca doğrultmaca ve elektronik alan akımı denetimine gereksinim vardır. Doğrultulmuş alternatör gerilimi düşerse, zener diyotu (Z) ve T_1 transistörü akım geçirmez. T_2'nin (taban) gerilimi yükselir; bu da, alan akımını ve çıkış gerilimini artırır.





Dinamolarda kullanılan elektromekanik akım gerilim denetleyicisi. (üstte) Üç röle, akümülatörün şarjdan düşmesi durumunda, dinamo sarımlarının yanmamasını sağlar. Ayrıca, dinamo akımını denetim altında tutarak, dinamo gerilimini düzenler. Dinamo gerilimi düştüğünde de, akünün geri boşalmasını önlemek için devreyi keser.

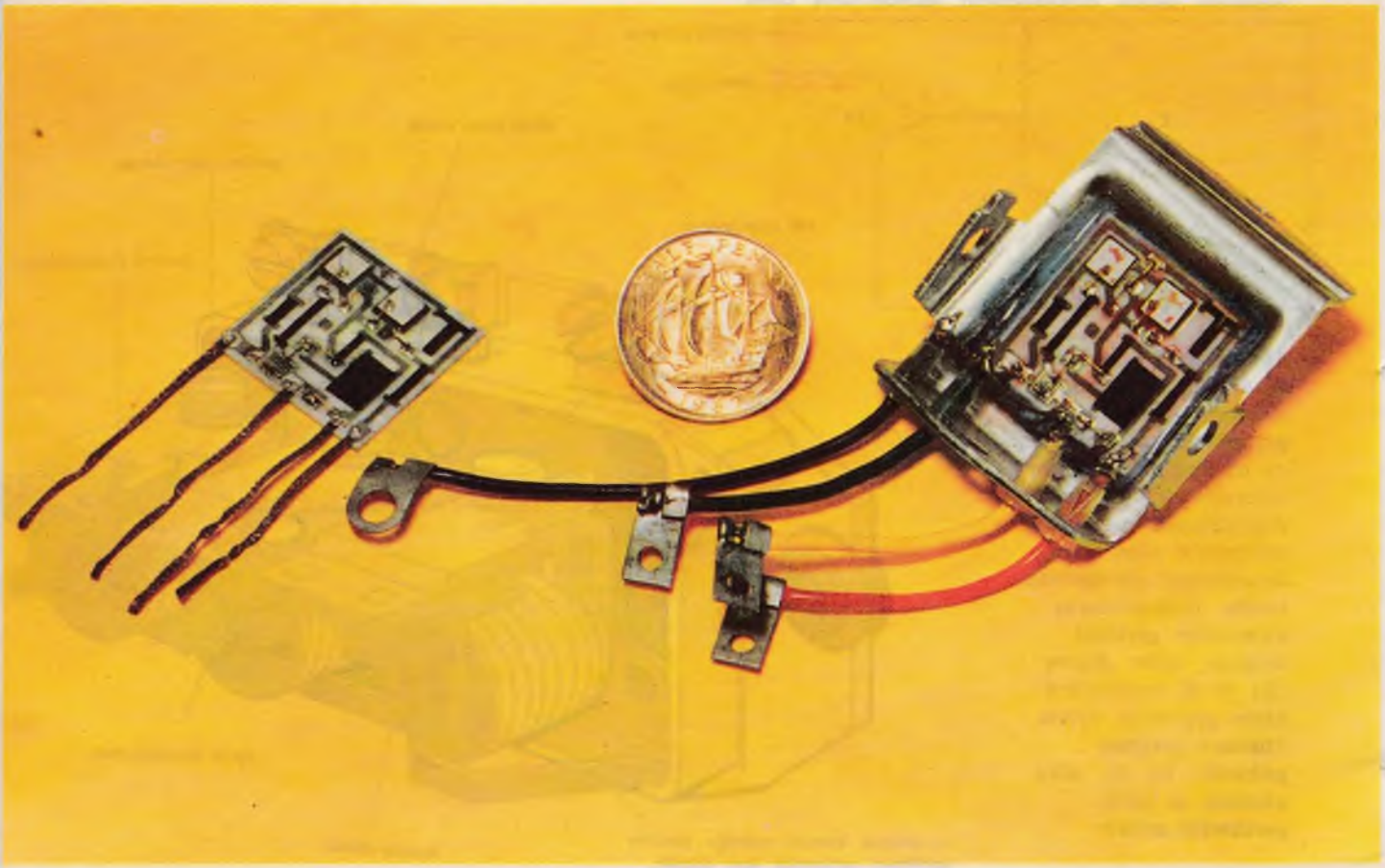
denetleyiciler almaktadır. Özellikle yüksek akımlarda ve titreşimli elektromagnetik aygıtlarda, elektronik denetleyiciler daha iyi sonuç verirler.

Günümüzde elektronik denetleyiciler, alternatörün bir parçası olarak üretilmektedir. Devrede, alan akımı ile denetleme devresini açıp kapayan TRANSİSTÖR bulunmaktadır.

Üretilen alternatör gerilimi, en az bir transistör daha içeren denetleme devresine gider. Bu da, ana transistörün taban akımını denetler. Ayrıca, yalnızca belirlenen değerin üstüne çıkan gerilimi denetlemekle görevli bir ZENER DİYOTU da devrede bulunur. Önceden saptanan gerilim değerine ulaşıldığında, diyottan geçen akım, denetim transistörünü çalıştırır ve taban akımını, alan transistöründen uzaklaştırarak, alan akımını düşürür. Alan akımı, sistemdeki yük, zener diyotunun çalışma gerilimiyle dengelenene kadar düşmeye devam eder.

Temel sistem bu biçimdedir. Ama, alan denetim transistöründeki güç yitimini önlemek için, denetim transistörünü hızla açıp kapayan ek bir devre oluşturulur. Bu devre aracılığıyla, transistörün aşırı ısınması önlenir.

Alternatörle birlikte kullanılan elektronik gerilim düzenleyici. (altta) Alternatörlerde akım denetleyicisi ve kesicisi (doğrultucu diyotlar akümülatörün geri boşalmasını önler) gerekmediğinden, bu aygıt çok yalındır.



GERİLİMÖLÇER

Gerilimölçer (ya da *voltmetre*), elektriksel potansiyel farkını ya da gerilimi ölçmede kullanılır. Dört tür gerilimölçer vardır: Döner bobinli; döner çekirdekli; elektrostatik; sayısal.

Döner bobinli ve döner çekirdekli gerilimölçerler, bir ek direnç takılmış AMPERMETRE'lerden yararlanırlar. Bunlardan en çok kullanılanı, döner bobinli gerilimölçerdir.

Döner bobinli gerilimölçer: Gerilimölçerlerin, gerilimi ölçülecek devreden hiç akım çekmemesi gerekir. Ama bu, döner bobinli sistemde de, döner çekirdekli sistemde de olanaksızdır. Çünkü, aygıtın çalışması için, bir ölçüde akıma gereksinim vardır.

Bir ampermetreye seri olarak büyük bir direncin bağlanmasıyla, bir gerilimölçer yapılabilir. Gerilimölçerin toplam direnci, gerilim farkı ölçülecek devredeki dirençten çok büyük olduğu sürece, çekilecek akım önemsiz olacaktır. Üstelik, bu koşullar altında çekilecek akım, devreden geçen gerilimle orantılıdır. Ampermetre, üstündeki ölçek gerilim okuyacak biçimde değiştirildiğinde, gerilimölçer olarak kullanılabilir. Ama ampermetrenin, gerçekte akım ölçtüğü akıldan çıkarılmamalıdır.

Gerilimölçer için çekilen akım azaltılırsa, aygıtın duyarlığı artar. Bu amaçla seri bağlanan dirençlerin değeri artırılır. Ama bu durumda da, aygıtı çalıştıracak akım niceliğinde düşme olur ve sorun, GALVANOMETRE denilen, çok duyarlı ampermetrelerle çözülür. Farklı büyüklükteki gerilimleri ölçebilmek için, bir anahtar yardımıyla, değişik dirençler devreye sokulur.

Döner bobinli gerilimölçerlerde alternatif gerilimi ölçmek için, aygıt devresine bir doğrultucu köprü devresi yerleştirilir. Bu yolla, aygıttan doğru akım (DC) geçmesi sağlanır. Döner bobinli gerilimölçerlerde, alternatif ve doğru akım ölçümleri (alternatif gerilimin 10 voltun altında olmaması koşuluyla), aygıtın ibresinde doğrusal oranlı sapmalar verir. 10 volttan küçük gerilimlerde, doğrultucu köprünün diyotlarında, küçük bir gerilim oluşur; bu da, aynı mertebeden büyüklüklerin okunması sırasında yanlışlara yolaçar.

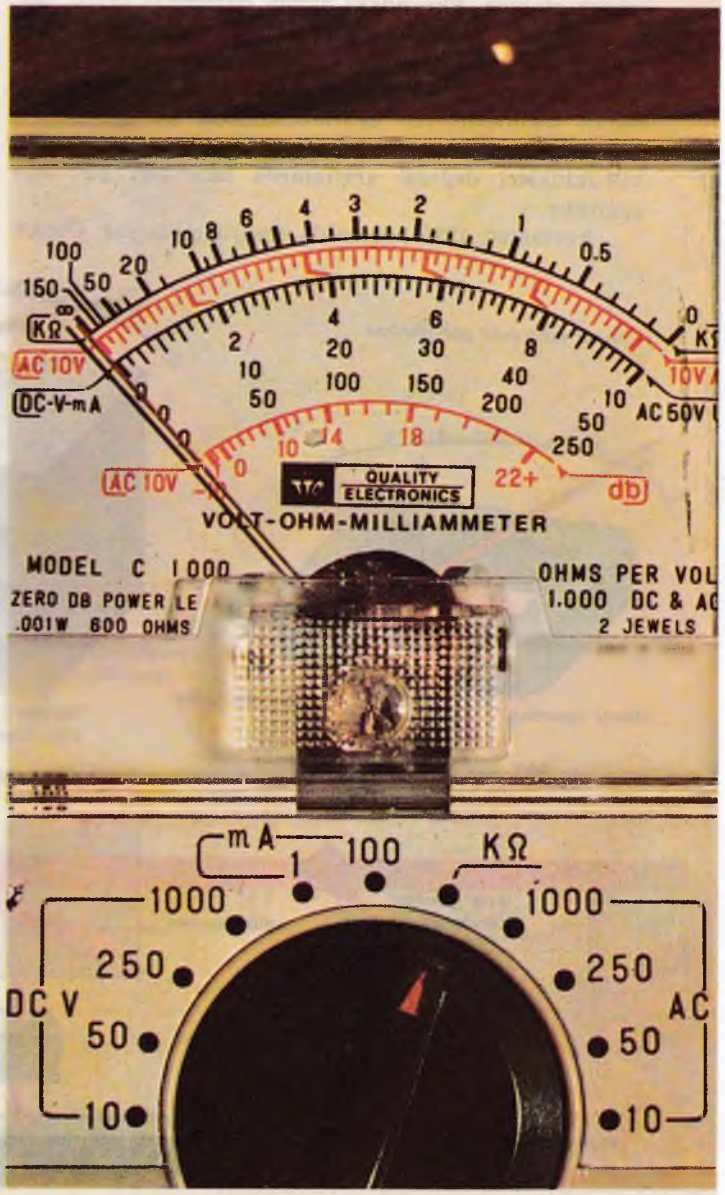
Döner çekirdekli gerilimölçer: Bu tür gerilimölçerlerde, küçük bir mıknatıs, çevresindeki elektromıknatıstan akım geçtiğinde, hareket eder. Aygıtın düzenleniş biçimine bağlı olarak, mıknatısı hareket ettiren güç, itme ya da çekme kuvveti olabilir; ama her iki durumda da, bu döndürme kuvveti, devreden geçen akımın karesiyle orantılıdır. Bu yüzden hareket, akımın geçiş yönüne bağlı değildir. Döner demir çekirdekli gerilimölçerler alternatif akımın karekök değerini ölçtüklerinden, bunlarda ayrıca doğrultucu bir köprüye gerek yoktur. Bu tür aygıtların ölçekleri doğrusal değildir. Ayrıca bunlar, birkaç yüz Hertz'in üstündeki frekanslarda çalışamazlar.

Elektrostatik gerilimölçer: ELEKTROSTATİK gerilimölçer, bağlı olduğu devreden akım çekmeden çalışır. Farklı potansiyellerde yüklenmiş iki kütle arasında oluşan mekanik kuvvetten yararlanarak işler. Aygıtın döner parçaları yüksek potansiyele, hareketsiz parçaları ise düşük potansiyele bağlanmıştır. İbre, döner bölüme tutturulmuştur; hareketi, küçük sarmal bir yayla denetlenir.

Sayısal gerilimölçer: Sayısal gerilimölçer, öteki gerilimölçerlere benzemez. Bunlarda bütünüyle ELEKTRONİK devreler kullanılır. Dolayısıyle, kısa

---

Gerilim, akım ve direnç ölçmede kullanılan, çok amaçlı bir avometre. (altta) Bu, bobin direnci 600 ohm olan bir aygıttır. Bir anahtarla, gerilim ölçmelerinde seri dirençler, akım ölçmelerindeyse paralel dirençler devreye sokulur. Direnç ölçülürken, aygıt kendi içindeki pil aracılığıyla, tıpkı bir ampermetre gibi çalışır.



bir geçmişleri vardır. Günümüzde YARIİLETKEN üretimindeki ve tümleşik devre yapımındaki karmaşık teknolojiler sonucu geliştirilen aygıtlar, yapısal olarak, bundan on yıl öncekilere benzememektedir.

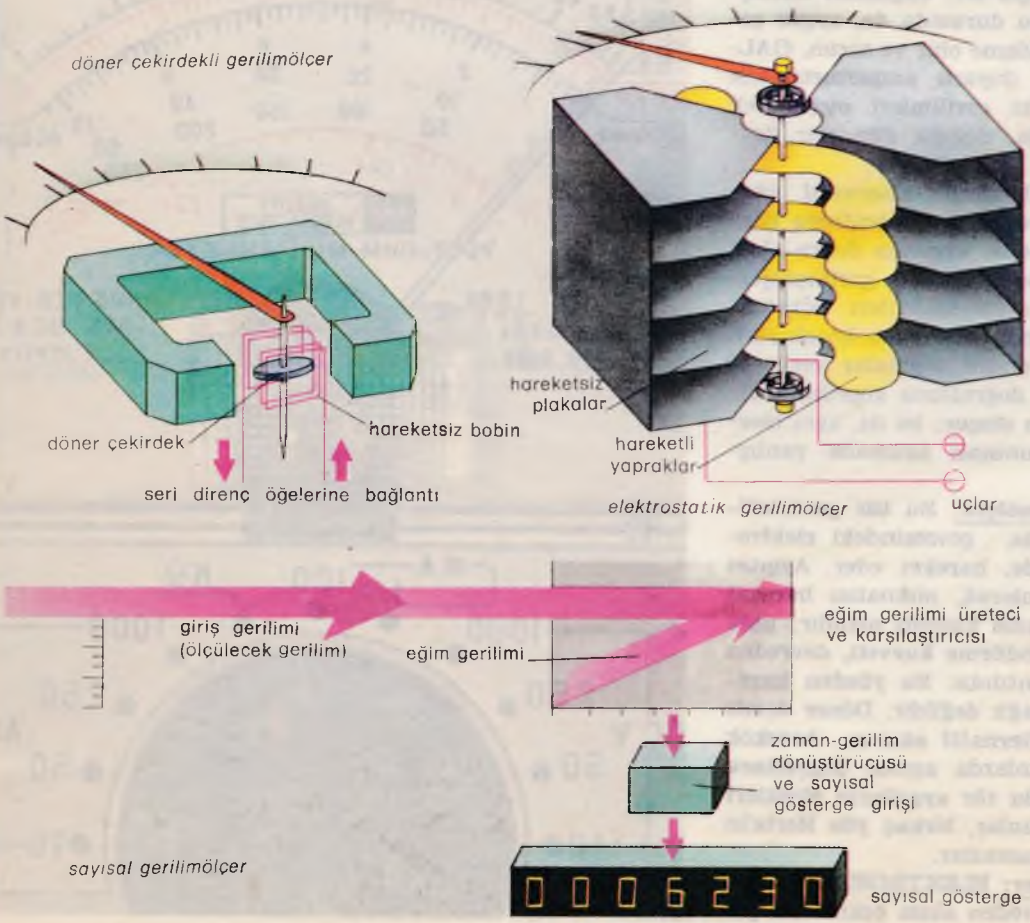
Sayısal gerilimölçerlerin temel ilkesi, ölçülecek gerilimi, aygıtın kendi ürettiği bir *karşılaştırma gerilimi*yle karşılaştırmak ve aradaki farkı sayısal olarak göstermektir. Bu işlevleri yerine getirecek elektronik devre öğeleri, bobinli gerilimölçerdeki öğelere oranla daha pahalıdır. Bu yüzden, sayısal gerilimölçerler, yalnızca öteki gerilimölçerlerin elverişli olmadığı yerlerde ve yüksek duyarlık gerektiren durumlarda kullanılırlar. İstenen duyarlığın verilebilmesi için, aygıtın yapısı daha karmaşık ve genişletilmiş bir görünüm alır; oysa döner bobinli ve demir çekirdekli gerilimölçerlerde, aygıtın yapısı ve biçimi, yalnızca kullanılan malzemeyle sınırlıdır.

Sayısal gerilimölçerlerde duyarlık, % 0,5'ten bile küçük olabilir. Ekrandaki ölçüm basamağı sayısı, dolayısıyle de karmaşıklığı daha da artırılarak, çok yüksek duyarlıklar elde edilebilir. Bu tür aygıtlar, uzun süre değişmeyen duyarlıklar kazandırılarak, sıradan avometrelerin ayarlanmasında kullanılır.

Avometre: Avometre, direnç, gerilim, akım gibi büyüklükleri değişik aralıklarda ölçebilen bir ölçü aygıtıdır.

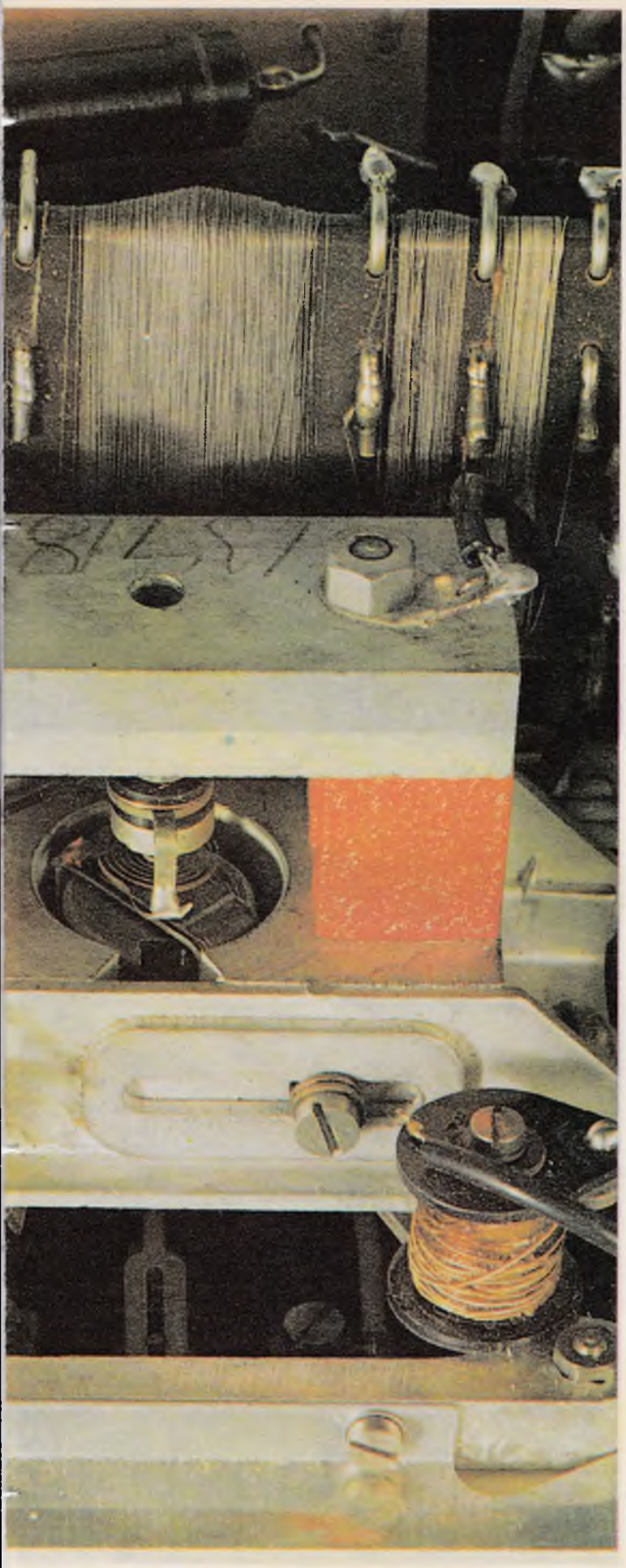
Avometre, 1920 yıllarında ortaya çıkmıştır. Ölçüm

Döner çekirdekli ve döner bobinli gerilimölçerler, gerçekte akımı ölçerler. (altta) Seri bağlanan dirençler (çizimde gösterilmemiştir) yardımıyla bunların çektiği akım, devre gerilimiyle orantılı olur. Elektrostatik gerilimölçer, karşıt yüklerin birbirini çekmesi ilkesine göre çalışır. Bir gerilim uygulandığı zaman, hareketli yapraklar, duran yapraklara yaklaşacak biçimde hareket ederler. Bu tür gerilimölçer, hiç akım çekmez. Sayısal gerilimölçerde, eğim gerilimi üreteciyle karşılaştırmalar yapacak bir devre bulunur.



sırasında çeşitli aygıtların oradan oraya taşınmasından doğan güçlükler sonucu yapılan bu aygıt, elektrikli aygıt üretimindeki köklü değişme ve gelişmelerden etkilenmiş ve günümüzde çeşitli biçimler almıştır.

Avometreler, temelde iki bölüme ayrılır: Döner bobinliler; sayısal göstergeliler. Geleneksel döner bobinli avometrelerde, ampermetre ve gerilimölçer, direnç ölçümünü de sağlayacak ek bir devreyle birleştirilmiştir. Bu üç ayrı büyüklük, aynı hareketli birim tarafından ölçülür; ama göstergede, her biri için ayrı ölçek bölümleri bulunur. Aygıtın ön yüzündeki anahtarlarla, gerilim ölçümü için birçok seri direnç, akım ölçümü için de gene çeşitli şöntler (paralel direnç) devreye sokulup çıkarılabilir. Bilinmeyen bir



Bir avometrenin iç görünüşü. (solda) Döner bobinin bağlandığı pim, doğal bir mıknatısın kutupları arasından geçmektedir. Çok ince olan geri döndürme zembereği, ana bobinin üstüne yerleştirilmiştir.

Sayısal gerilimölçer. (altta) Sayısal gerilimölçer düzenlemelerinde, çeşitli teknikler kullanılır: Ardışık yaklaşımlar; ikili eğim tekniği; eğim sayacı; gerilim frekansı dönüştürücüleri; vb. Gerilim, önce yükselticiye gittiğinden, giriş direnci çok büyük tutulabilir (1 000 MΩ'den daha büyük).

direncin ölçümü için, genellikle, aygıtın içine gerilimi bilinen bir pil yerleştirilir. Bu pil, direnci ölçülecek devreye bağlandığında, geçen akım niceliği değerlendirilip ayarlandıktan sonra, doğrudan *ohm* cinsinden okuma verir. Burada, ibrenin hareketi çizgisel oranlı değildir. Çünkü gerilim değişmez tutulduğunda, devreden geçen akım ile direnç arasındaki ilişki, birbirinin tersidir.

Bu tür avometreler gerilimölçer olarak kullanıldığında, devreden akım çekerler; başka bir deyişle, duyarlıkları çok azdır. Bu sorunu çözmek için, avometre girişi ile hareketli bobin arasına elektronik bir yükseltici yerleştirilir. Böylece hem duyarlık artar, hem de çok küçük nicelikleri ölçme olanağı doğar. Sözgelimi, yükselticisiz bir aygıt, akım ölçmede 50 mikroamperde, gerilim ölçmede de 100 milivoltta tam sapma sağlarken, devreye yükseltici girdiğinde, 1 mikroamperde ve 10 milivoltta tam sapma elde edilebilir.

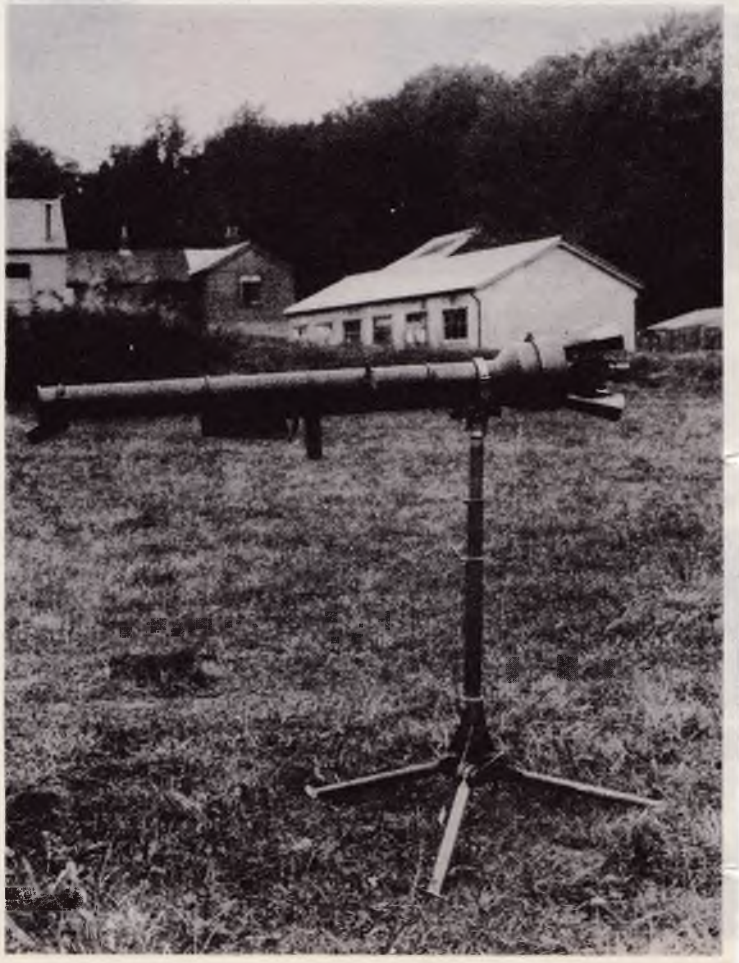
Sayısal avometre, temelde bir sayısal gerilimölçerdir; ama, amper ve direnç ölçebilme amacıyla, devreye paralel ya da seri ek dirençler konulmuştur. Bu devrelerden çıkan akım, karşılaştırma sistemine gönderilir ve uygun dönüştürücülerden geçirilerek, sayısal görüntüler sağlanır.

Sayısal gerilimölçerde olduğu gibi, sayısal avometrelerde de, basamak sayısı ve bunlarla bağıntılı devre sayısı çoğaltılarak, duyarlık artırılabilir.

GERİ TEPMESİZ SİLAHLAR

Geleneksel ateşli silahların tümü, merminin ateşlenmesi sırasında *geri teperler;* yani hızla geriye doğru giderler. Merminin büyüklüğü ve hızı arttıkça, geri tepme de şiddetlenir. Geri tepmeye yolaçan olay, NEWTON'un üçüncü hareket yasasıyla açıklanabilir: Her hareket, karşıt yönde ve eşit güçte bir tepki yaratır. Böylece, mermi, silahın namlu ucuna doğru büyük bir hızla giderken, silah da aynı güçle geriye doğru itilir. Eski toplarda bu geri tepme gücünü ortadan kaldıracak bir yol bulunamadığı için, toplar, ateşlendiğinde, yaklaşık bir ya da birkaç metre kadar geriye fırlardı.

İlk ateşli silahlarla birlikte, geri tepme gücünü de ortadan kaldıracak yollar arandı. Ne var ki, başlangıçta yalnızca, oldukça pahalıya malolan bazı yaylar ve tamponlar aracılığıyla önlem alınabiliyordu. Günümüzün silahlarında, geri tepmeyi yok eden, çok gelişmiş sistemler kullanılır. Ama bu sistemler de,



1945'te yapılmış, çok venturili bir İngiliz geri tepmesiz silahı. (sağda) Ateşlemede mermi sola, duman ve alev ise sağa doğru gider. Namlu dibini açıkta bırakacak biçimde yerleştirilmiş 4 venturisi bulunan bu silah, 75 mm'lik hava Howitzer'lerinin attığı 5 kg'lık mermileri atmaktadır. Ama uçakta taşınan Howitzer'lerin ağırlığı yarım tondan fazladır ve ancak dört kişi tarafından taşınabilir. Resimdeki silahsa, bir askerin taşıyabileceği kadar hafiftir.

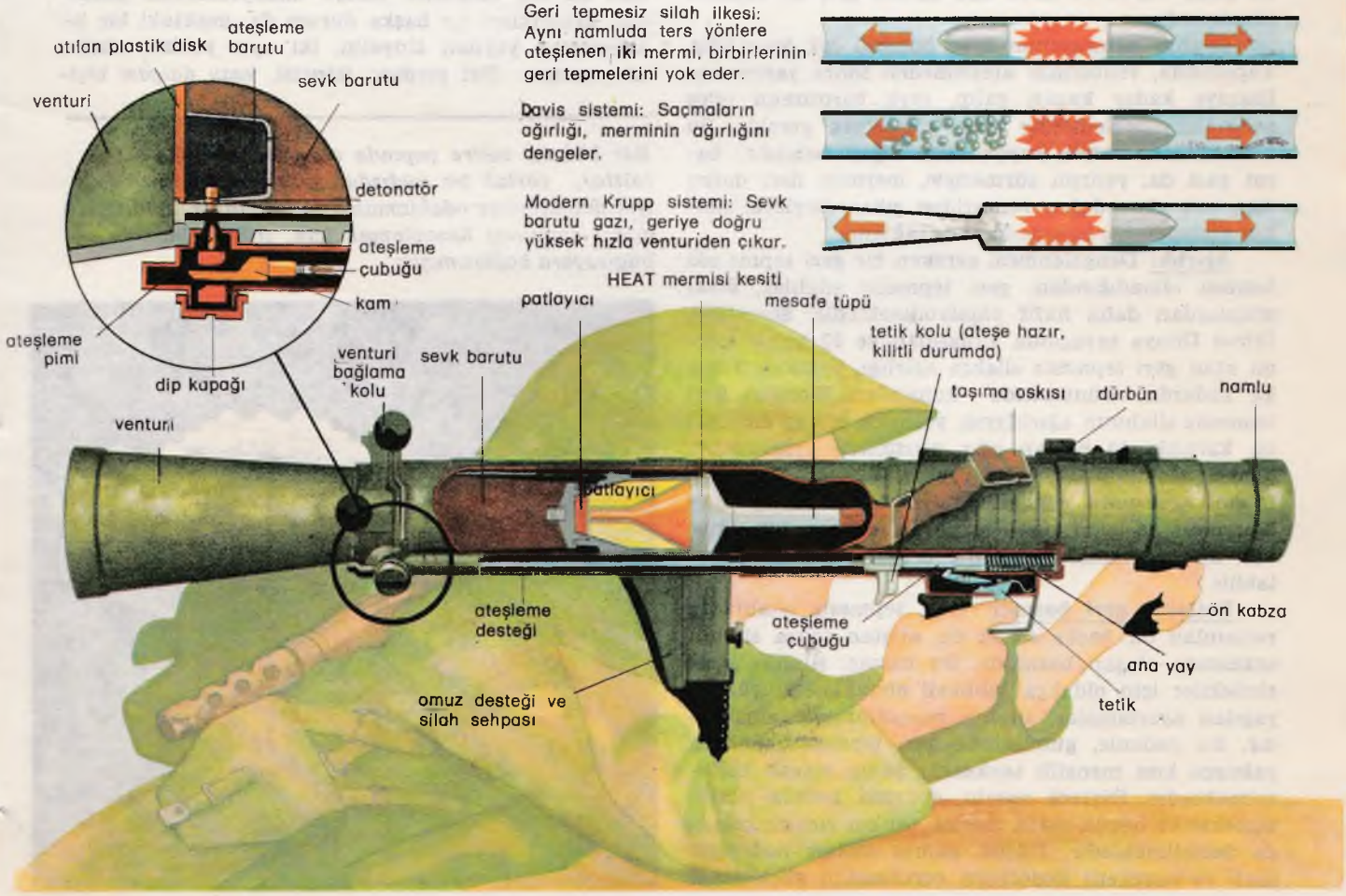
Gece atışında bir Wombat. (solda) Resimde solda görülen parıltı, silahın arkasında oluşan geri basıncıdır ve mermi sağa gitmektedir.

Modern bir geri tepmesiz silah; İsveç yapımı Carl-Gustaf M2. (altta) Kalibresi 84 mm olan bu silah, bir HEAT (yüksek enerjili tanksavar) mermisi atmaktadır. Silahın ağırlığı 14,2 kg'dır, ama aksesuarların ağırlığı da bir o kadar tutmaktadır. Mermisinin ağırlığıysa, yalnızca 2,5 kg'dır.

silahın ağırlaşmasına, maliyetinin artmasına ve üretim süresinin uzamasına neden olmaktadır.

Geri tepmeyi ortadan kaldıracak en yalın yöntem, aynı büyüklükte iki silahı arka arkaya yerleştirmek ve ikisini birden, aynı zamanda ateşlemektir. Böylece, silahlardan birinin geri tepmesi, ikincisininkini dengeleyerek ortadan kaldırır. Kuşkusuz bu, yalnızca laboratuvarlarda kullanılabilecek bir yöntemdir ve uygulamaya elverişli değildir. Ama söz konusu ilke, günümüzdeki geri tepmesiz silahların temelini oluşturmuştur. Bu düşünce ilk kez, A.B.D'nde Davis adlı bir deniz subayı tarafından ortaya atıldı. Davis 1910 yılında, arka arkaya yerleştirilmiş iki silahı, bir tek dipçikte birleştirdi; iki namluyu birbirlerinden ayırarak doldurdu ve namluların birinden bir mermi, ötekinden de aynı ağırlıkta bir kurşun saçma ateşledi. Kurşun saçma, merminin geri tepmesini ortadan kaldırdı ve kısa bir yol aşarak toprağa düştü.

Kusursuz bir yöntem olmamasına karşılık, bu düzenleme, Birinci Dünya savaşında bazı uçaklarda kullanılmıştır. Söz konusu dönemin uçakları, hafif olduklarından, büyük silahlar taşıyamamakta ve geri tepmeyle kolayca dengelerini yitirmekteydiler. Davis'in geri tepmesiz silahları, uçağın yapısında hiç bir zararlı etki yapmıyor, kurşun saçma da, ha-



vada herhangi bir tehlike yaratmıyordu. Bu silahlarla atılan en büyük mermi, 5 kg ağırlığındaydı; ama bu yöntem, 1918'den sonra kullanılmamaya başlandı.

1930 yıllarında Almanlar, hafif sahra toplarına ve havadan taşınan birlikler için hafif toplara gereksinme duyduklarında, Davis'in geliştirdiği ilke yeniden ortaya çıktı. Alman Krupp firması, geriye doğru çeşitli maddeler atan silahlar üstünde deneyler yaptı ve bir süre sonra, yeterli hızda bir gazın, geri tepmeyi dengeleyebileceği anlaşıldı. Silahın gerisine bir venturi borusu ya da roket memesi takıldığında, gazın, ateşlenen merminin geri tepmesini dengeleyecek bir hız kazanacağı anlaşıldı. Krupp firmasının bulduğu bu yöntemde, merminin sevk barutunun oluşturduğu gaz kullanılmaktaydı. Günümüzde de bu ilkeden yararlanılmaktadır. Barut gazı, ya büyük bir venturiden ya da birkaç küçük venturiden çıkmaktadır. Çeşitli silah fabrikalarında, çeşitli gövde ve cephane sistemleri kullanır; ama modern modellerin çoğunda, tek meme vardır.

Davis'in yaptığı geri tepmesiz silahta, normalin iki katı sevk barutu kullanılmıştı. Oysa Krupp, bu miktarı beş katına çıkardı. Fazla barutun yanmasıyla oluşan gazdan, geri tepmeyi dengelemede yararlanılmaktaydı. Ama bu yöntem, mermi kovanının da daha büyük ve daha ağır olması gibi bir sakınca yaratıyordu.

Silahın namlusunun arka bölümü çok önemlidir. Yapımında, venturinin ateşlemeden sonra yarım milisaniye kadar kapalı kalıp, sevk barutunun iyice yanmasını beklemesine özen göstermek gerekir. Bu kısa süreden sonra, kapak diski dışarı fırlatılır; barut gazı da, yanışın sürmesiyle, mermiyi ileri doğru itip, ters yöne doğru venturiden çıkar. Böylece, silahın yerinden hiç kıpırdamaması sağlanır.

Ağırlık: Dengelenmesi gereken bir geri tepme söz konusu olmadığından, geri tepmesiz silahlar, öteki silahlardan daha hafif yapılabilmektedir. Sözgelimi, İkinci Dünya savaşında kullanılan ve 10 kg'lık mermi atan geri tepmesiz silahın ağırlığı, yaklaşık 1 900 kg kadardır. Günümüzde kullanılan Wombat geri tepmesiz silahının ağırlığıysa, yalnızca 270 kg'dır; buna karşılık, 10 kg'dan ağır mermileri, aynı namlu hızıyla atabilmektedir. Ne var ki, Wombat mermisi, mermi kovanının büyüklüğünden dolayı 27 kg ağırlığındadır ve uzun süreli atışlarda, cephanenin ağırlığı, atış ve ikmal ekiplerine çeşitli zorluklar yaratabilir.

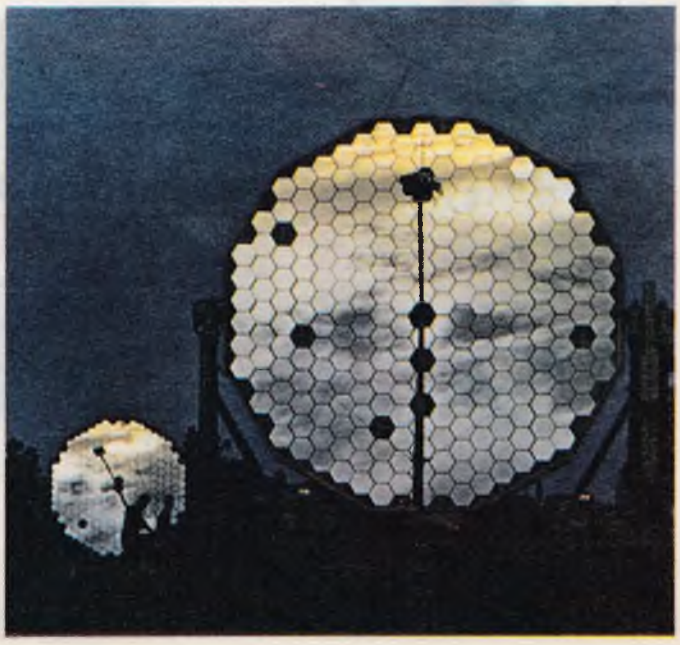
Patlama geri basıncı: Geri tepmesiz silahlarda raslanılan bir başka sorun da, atıştan sonra silahın arkasında oluşan basınçtır. Bu basınç, silahın gerisindekiler için oldukça tehlikeli olmakta, bu yüzden yapılan ayarlamalar, silahın menzilini kısıtlamaktadır. Bu nedenle, günümüzde geri tepmesiz silahlar, yalnızca kısa menzilli tanksavar silahı olarak kullanılmaktadır. Böylece namlu, doğruca hedefe yöneltilmekte ve büyük delici mermi, tankın zırhını kolayca delebilmektedir. Düşük namlu hızları nedeniyle uzak ve hareketli hedeflerin vurulmasını güçleştiren büyük geri tepmesiz silahlar, günümüzde yavaş yavaş ortadan kalkmaktadır. Bunların yerlerini küçük, omuzdan ateşlenen ve 400-500 m atış menzili olan geri tepmesiz silahlar almaktadır. Geri tepmesiz silahların yapımında yararlanılan ilke, küçük güdümlü tanksavar füzelerinin ateşlenmesinde de kullanılır.

GİRİŞİM Bk. DALGA HAREKETİ

GİRİŞİMÖLÇER

Aynı türden iki dalga, su yüzündeki bir noktaya aynı anda varırlarsa, bu nokta, her dalganın o noktaya vereceği salınım niceliğinin toplamı kadar bir büyüklükte aşağı yukarı salınır. Aynı etki, ELEKTROMAGNETİK IŞINIM gibi öteki dalga türleri için de geçerlidir. Yayın bandı üstünde birbirine komşu iki ayrı istasyondan çıkan radyo dalgaları, bir radyo alıcısında birleştikleri zaman, dönümlü olarak birbirlerini ya yok ederler ya da birbirlerine eklenirler. «Batman» diye adlandırılan bu hızlı değişmeler, hoparlörde bir ıslık sesi biçiminde duyulur; böylece, iki istasyonun birbiriyle *girişime* uğradığından da söz edilebilir. Radyo dinleyicilerinin yakından tanıdıkları bir başka durum da, uzaktaki bir istasyondan yayılan sinyalin, iki ayrı yoldan alıcıya ulaşmasıdır: Biri yerden; ikincisi, *uzay dalgası* biçi-

Her biri 6,5 metre çapında olan bu iki ayna (altta), parlak bir yıldızdan gelen ışınları bir ışık detektörüne odaklamak için kullanılır. Yıldızların açısal çaplarını hesaplamak için, sistem, bir bilgisayara bağlanmıştır.



minde, iyonosferden yansımalı. İyonosfer tabakasının yüksekliği değiştiğinden, bu yolla gelen dalganın yolu da sürekli olarak değişir. Alıcıya gelen sinyal, bu iki yoldan gelenin toplamıdır ve sıfır ile en üst değer arasında değişir. Söz konusu değişme, hoparlöre, sesin azalması ve yeniden yükselmesi biçiminde yansır. Ortaya çıkan girişim, aynı yapıdaki dalganın, farklı yollar alması sonucu oluşur.

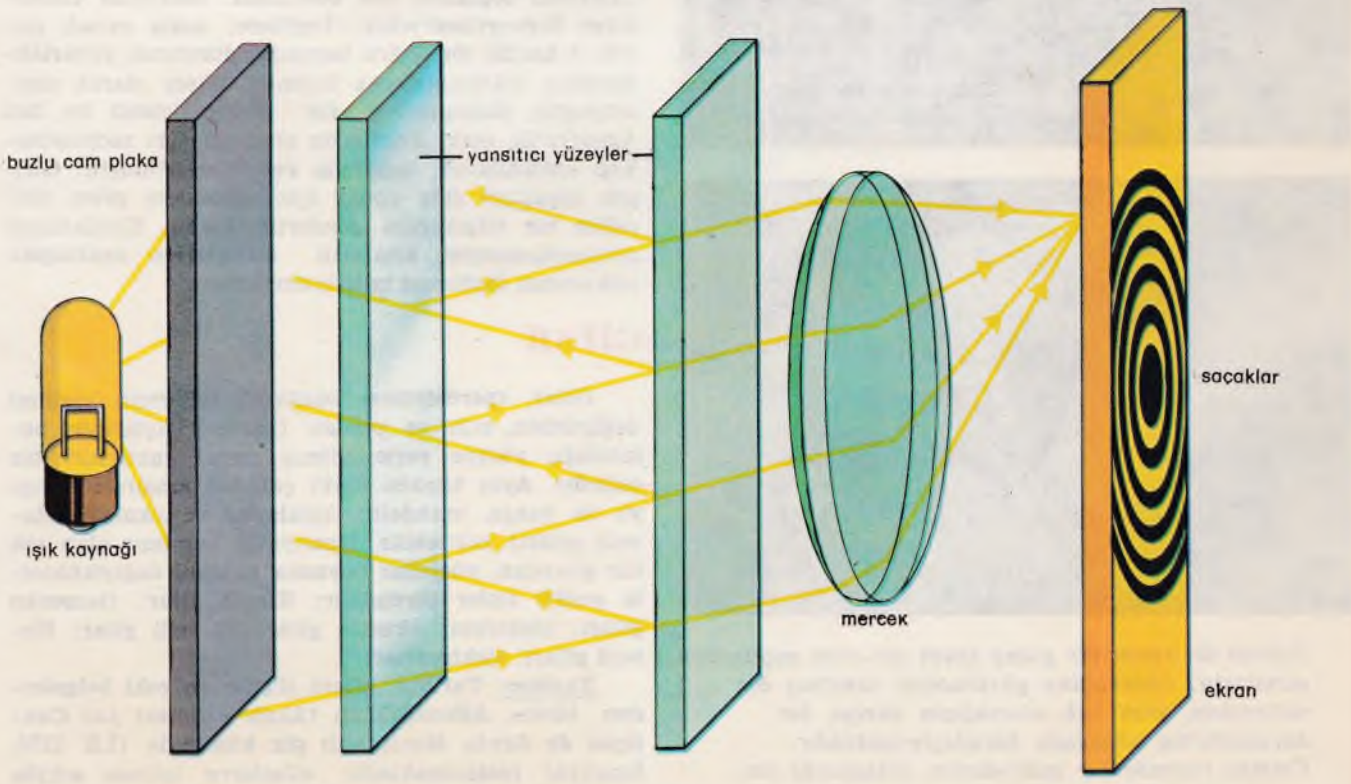
Girişim olayından yararlanarak uzaklık ve açı ölçümleri gerektiren çeşitli bilim dallarında kullanılan aygıta, *girişimölçer* (enterferometre) denir. Girişimölçerin değişik türleri vardır. Michelson türünde, kısmen gümüşle kaplı bir AYNA'ya düşürülen ışık demeti, iki dalga grubuna ayrıştırılır. Sonra, bu grupların ikisi de, bütünüyle gümüşle kaplı bir aynaya gönderilir ve yansıyan ışınlar yeniden birleştirilir. Birleşme sonucu, parlak ve karanlık çizgilerden (saçaklardan) oluşan bir girişim olayı ortaya çıkar; çünkü, dalgalardan biri, ötekinin hareketini ya artırmakta ya da yok etmektedir. Parlak ve karanlık çizgiler arasındaki sınırlar, ışık demetinin tayfsal aralığına, daha doğrusu dalgaboyu aralığının küçük oluşuna bağlıdır. Demette yalnızca bir tek dalgaboyu, yani yetkin bir tayf çizgisi bulunduğunda, girişim çizgileri arasında tam bir sınır oluşacaktır. Ama uygulamada, buna hiç bir zaman raslanmaz. Michelson, arı olduğu düşünülen birçok tayf çizgisinin, aslında karışmış bulunduğunu ve genişliklerinin ölçülebildiğini kanıtlamıştır.

Michelson girişimölçerinde, girişim çizgilerinin yeri, aynalardaki en ufak değişime karşı bile duyarlıdır. Bu aygıtlar, iki ışık dalgasının aldığı yolları, bir metrenin on milyonda biri duyarlıkla ölçebilir. ESİR'in varlığını kanıtlamak için yapılan ünlü Michelson-Morley deneyinin (1889) GÖRECELİK kuramını desteklediği, daha sonraları Einstein tarafından gösterilmiştir.

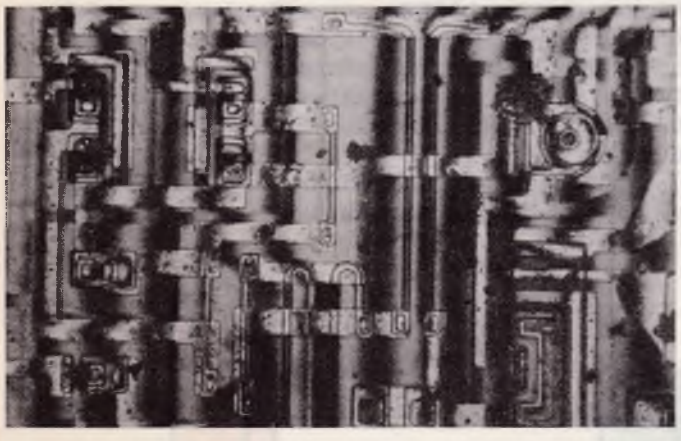
Michelson ilkesinden yararlanan aygıtlar, uzunlukları duyarlı biçimde ölçme amacıyla kullanılırlar. Günümüzde, bir metrenin uzunluğu, artık bir standart çubuğun uzunluğuna göre değil, girişimölçerde ölçülen belirli sayıdaki ışık dalgaboyuna bağlı olarak belirlenmektedir. LAZER ışını kullanılarak, uzunluk ölçen çok duyarlı aygıtlar yapmak olanaklıdır. Bunlar, genellikle, boyu bir metreden kısa uzunlukları ölçmede, takım tezgâhı ölçeklerinin denetiminde ya da doğrudan ölçü aygıtlarının ölçekleri olarak kullanılırlar.

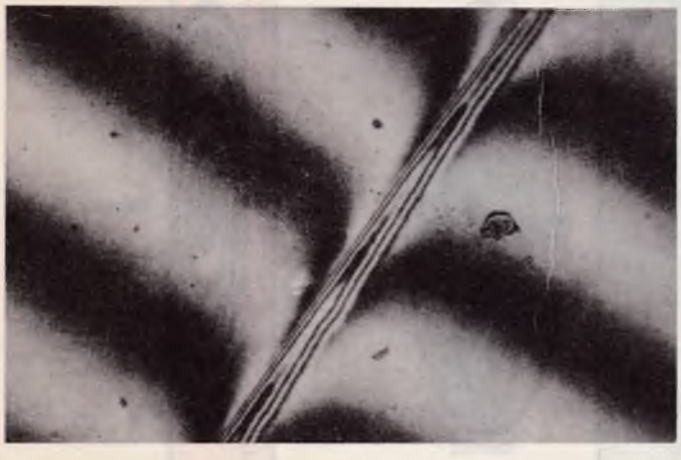
Fabry-Perot girişimölçerinde, iki ayna birbirine paralel olarak yerleştirilmiştir. Böylece ışık, ikisi ara-

Fabry-Perot girişimölçeri. (altta) Gümüş kaplı cam levhalar arasına giren ışığın bir bölümü, levhalar arasında yansımaya uğrar; bir bölümü de, aynadan geçip mercekte kırılır ve ekran üstünde parlak daireler oluşturur. Farklı açılarla gelen ışık dalgaları, dalgaboyları arasındaki fark yarım dalgaboyunun katları olduğu zaman, birbirlerini yok ederek, karanlık halkaları oluştururlar.



Askeri uçak ve helikopterleri alana indirmek için kullanılan bir girişimölçer takımı. (üstte) Sistemde, dalgaboyu 6 cm olan mikrodalgalar kullanılır; dolayısıyle, girişimölçerler oldukça küçük yapıdadır. Yatay ve düşey birimler, sırasıyla uçağın açısını ve yüksekliğini ölçerler.





Üstteki iki resim bir yüzey işlem denetim aygıtından alınmıştır. Objektifine girişimölçer takılmış bir mikroskop, yeşil ışık aracılığıyla yüzeyi, bir karşılaştırma yüzeyiyle karşılaştırmaktadır. Üstteki resimde bir mikrodevre; alttakinde ise, çelik üstündeki bir çizik görülmektedir.

sında birçok kez gidip gelmektedir. Bu çok sayıdaki yansıma sonucunda, yalnızca sınırlı sayıda dalga grupları ekrana ulaşıp girişim çizgilerini oluştururlar. Fabry-Perot girişimölçerleri, ticari amaçla, girişim filtresi yapımında kullanılır. Bunlar, istenilen dalgaboyundaki ışığın geçmesine izin verirler. Özellikle sinema makinaları objektifinin, ışık kaynağından çıkan ısıdan korunması için, bu tür filtreler takılarak kızılaltı ışınım engellenir ve yalnızca görünür ışığın mercekten geçmesine izin verilir.

Yalın bir radyoastronomi girişimölçeri, doğu-batı doğrultusunda yerleştirilmiş, uçları güneye bakan iki antenden oluşur. Antenler, radyo dalgası yayınlayan bir uzay cismini, sözgelimi bir gökadayı birlikte izlerler. İki antene ulaşan radyo dalgaları, aynı alıcıya gönderilir. Dünya'nın dönmesinden ötürü, alıcıya ulaşan dalgaların aldığı yol farklıdır. İki dalga grubu arasındaki girişim, Michelson girişimölçerindeki parlak ve karanlık çizgilerdeki gibi, zayıf ve kuvvetli sinyallere neden olur.

Elektromagnetik dalga kaynağı, bir tek yıldız değil de, birbirine yakın iki yıldızdan oluşuyorsa, o zaman her biri için ayrı girişim saçakları elde edilir. Karmaşık yapılar, gene karmaşık yapılı girişim biçimleri oluşturur; bunların gerçek biçimi, antenlerin arasındaki uzaklığa bağlıdır.

Çağdaş radyo girişimölçerlerinde, birçok anten kullanılır. Bu antenlerin bir bölümü hareketsiz tutulurken, bir bölümü de hareket ettirilir. Veriler, bir bilgisayarda birleştirilerek, gökada yapısına ilişkin bilgi elde edilir. Büyük girişimölçerlerde, anten aralıklarının seçilmesi çok önemlidir. Sözgelimi Cambridge Üniversitesi'ndeki (İngiltere) sekiz çanak anten, 5 km'lik bir doğru boyunca, dünyanın yuvarlaklığından etkilenmiyecek biçimde, düşey olarak sıralanmıştır. Kıtalararası bir girişimölçümü de, biri Amerika'da öteki Avrupa'da olan iki ayrı radyoteleskop kullanılarak, başarıyla gerçekleştirilmiştir. Girişim saçakları elde etmek için, antenlere gelen sinyaller bir bilgisayara gönderilmektedir. Kıtalararası girişimölçümüyle, kıtaların birbirinden uzaklaşma miktarının ölçülmesi tasarlanmaktadır.

GİTAR

Gitar, «perdelerine» basılarak tellerinin gerilimi değiştirilen, telli ve perdeli (parmak uçlarının bulunduğu yüzeye yerleştirilmiş metal çubuklar) bir çalgıdır. Aynı türden öteki çalgılar arasında banço ya da banjo, mandolin, balalayka ve ukulele (Hawaii gitarı) sayılabilir. İspanya'da yapılmış olan tek tür gitardan, yüzyıllar boyunca yapılan değişikliklerle çeşitli tipler türemiştir: Klasik gitar; flamenko gitarı; plektrum; akustik gitar; 12 telli gitar; Hawaii gitarı; elektrogitar.

Tarihçe: Tarihte, gitara ilişkin en eski belgelerden birine, Alfonso X'un (Akıllı Alfonso) *Las Cantigas de Santa Maria* adlı şiir kitabında (İ.S. 1270, İspanya) raslanmaktadır. «*Guitarra latina*» adıyla resmi verilen bu çalgı, gerçek bir gitardır. Yanları

içbükey gövdesi, üstü perdeli uzun sapı, dört teli ve ortada bir tek ses deliği vardır.

«Guitarra latina»nın kökeninin nereye dayandığı tam olarak bilinmemektedir. Ama, İ.Ö. 1350'lerden kalma bir Hitit oymasında, gitara çok benzeyen bir çalgıya raslanmıştır. Daha sonraki İran seramiklerinde de, gene gitara benzer, Târ adlı bir çalgı görülmektedir. Târ'ın zamanla İber yarımadasına da götürüldüğü ve orada «gitar» adını aldığı düşünülmektedir.

Fray Bermudo, yayınladığı «Declaracion de İnstrumentos » ta (İ.S. 1555), popüler müzik için gitarın dört telinin SOL RE sol si düzenine göre ayarlanmış (büyük harfler bas, küçükler de tiz sesleri göstermektedir), «ciddî ve bestelenmiş müzik» için ise, LA RE sol si (modern gitarın ortadaki dört teli) düzenine ayarlanmış olduğunu açıklamaktadır. 1586'da Juan Carlos y Amat tarafından «Guitarra Espagnola» adlı metod yazıldığında, bunlara günümüzün gitarlarındaki en üstte bulunan mi telini de eklemek gerekti. XVIII. yüzyılın sonunda altıncı (bas Mi) telin eklenmesiyle, gitarın standart düzeni, Mİ LA RE sol si mi olarak kesinleşti.

Söz konusu değişiklikler yapılmadan önce, gitarın telleri çiftti. Bu gitara, Latin Amerika'nın bazı yörelerinde hâlâ raslanabilmektedir. Günümüzdeki 12 telli gitar da, Meksika'da yaygın olan büyük çift telli gitardan türetilmiştir. XVIII. yüzyılın sonlarına doğru, üstteki üçü barsaktan, alttakiler de üstüne bakır ya da gümüş sarılı ipekten olan tek telli gitar geliştirilmiştir. Günümüzde tiz teller naylondan, baslar da tel kaplı naylon ipekten yapılmaktadır.

Daha sonraki gelişmeler: XIX. yüzyılın ilk yıllarında, gitar, Avrupa'da büyük ilgi gördü ve Fernando Sor, Dionisio Aguado (İspanyol), Carruli, Carcassi, Giuliani ve Molino (İtalyan), Napoleon Coste (Korsikalı) gibi besteci ve gitarcılar büyük ün yaptı. Gitarın böylesine yaygınlaşması, bu çalgıya karşı isteği de artırdı ve Lacote ve Grobert (Paris), Stauffer (Viyana), Panormo (Londra) gibi gitar yapımcıları ortaya çıktı. Sıradan bir gitar, o dönemde 1,50 dolara alınabiliyordu; ama «İspanyol tipi» bir Panormo gitar 8,40 — 63,00 dolar arasında bir fiyata satılmaktaydı.

Gitarın atası olduğu sanılan, altı telli İran Târ'ı. (altta solda) Gitara benzeyen özellikleri, boğumlu gövdesi, perdeli sapı ve alçak köprüsüdür. Ama gitarın tahta göğsü yerine, bu çalgıda, bançoda olduğu gibi parşömen bir göğüs vardır.

Altta sağdaki resimde görülen mandolin (solda) ve lut (sağda), gitardan daha eski, yuvarlak gövdeli çalgılardır.

Piyanonun ve orkestrasyonun ön plana çıktığı 1860 - 1870 yıllarında, gitar yaygınlığını yitirmeye başladı. 1833 yılında, Christian Friedrich Martin adlı bir Alman gitar yapımcısı, A.B.D'ne göç ederek, önce New York'ta daha sonra da Pennsylvania'da, gitar üretmeye başladı.

1921 yılında Martin'in şirketi, mızrapla çalınan, çelik telli çalgılar yapmaya başladı. Bunlarda, Kuzey Amerika'da yapılan öteki gitarlar gibi, eski İspanyol gitarı temel alınmıştı. Ancak birkaç yıl sonra Gibson Şirketi, önü kavisli, arkası ağaçtan oyulma, çelik telli gitarlar üretti. Daha keskin bir ses veren bu gitarlara, sonradan «çello gitar» denmeye başlandı ve özellikle caz müziğinde, dans orkestralarında kullanıldı. 1930 yıllarında, tellerin altına yerleştirilen

Temel gitar türlerinden üçü. Solda İspanyol gitarı ya da klasik gitar; ortada kavisli sırtı ve f biçimindeki delikleriyle çello gitar; sağda, caz müziğinde gerekli olan titreşimli metalsi sesi veren, metal parçalı Dobro gitarı.

magnetik alıcılarla, çello gitar, elektronik gitara dönüştürüldü; böylece modern elektrogitarın yolu açılmış oldu.

Klasik gitar: Aynı dönemde, İspanyol gitarı da bazı değişikliklere uğruyordu. Sözgelimi, 1850'de, gitarcı Julian Arcas'ın desteklediği gitar yapımcısı Antonio Torres, daha büyük gövdeli, daha güçlü ve daha gelişmiş bir gitar yaptı. Bu gitar, modern-klasik gitarın atası sayılır. Bu konuda bir ileri adım da, gitarcı Francisco Tarrega tarafından atıldı. Tarrega, Torres'in gitarının teknik özelliklerini sonuna kadar kullanarak, bir gitar metodu geliştirdi. Modern gitar tekniği de, buna dayanmaktadır.

Tarrega'nın öldüğü 1909 yılında, on altı yaşındaki gitarcı Andrés Segovia, ilk halka açık konserini verdi. Sanatçılığı, güçlü kişiliği ve gitara olan aşırı düşkünlüğüyle Segovia, klasik gitar rönesansını başlatmış olma ve gitarı müzik dünyasında önemli bir çalgı haline getirme onurunu taşımaktadır.

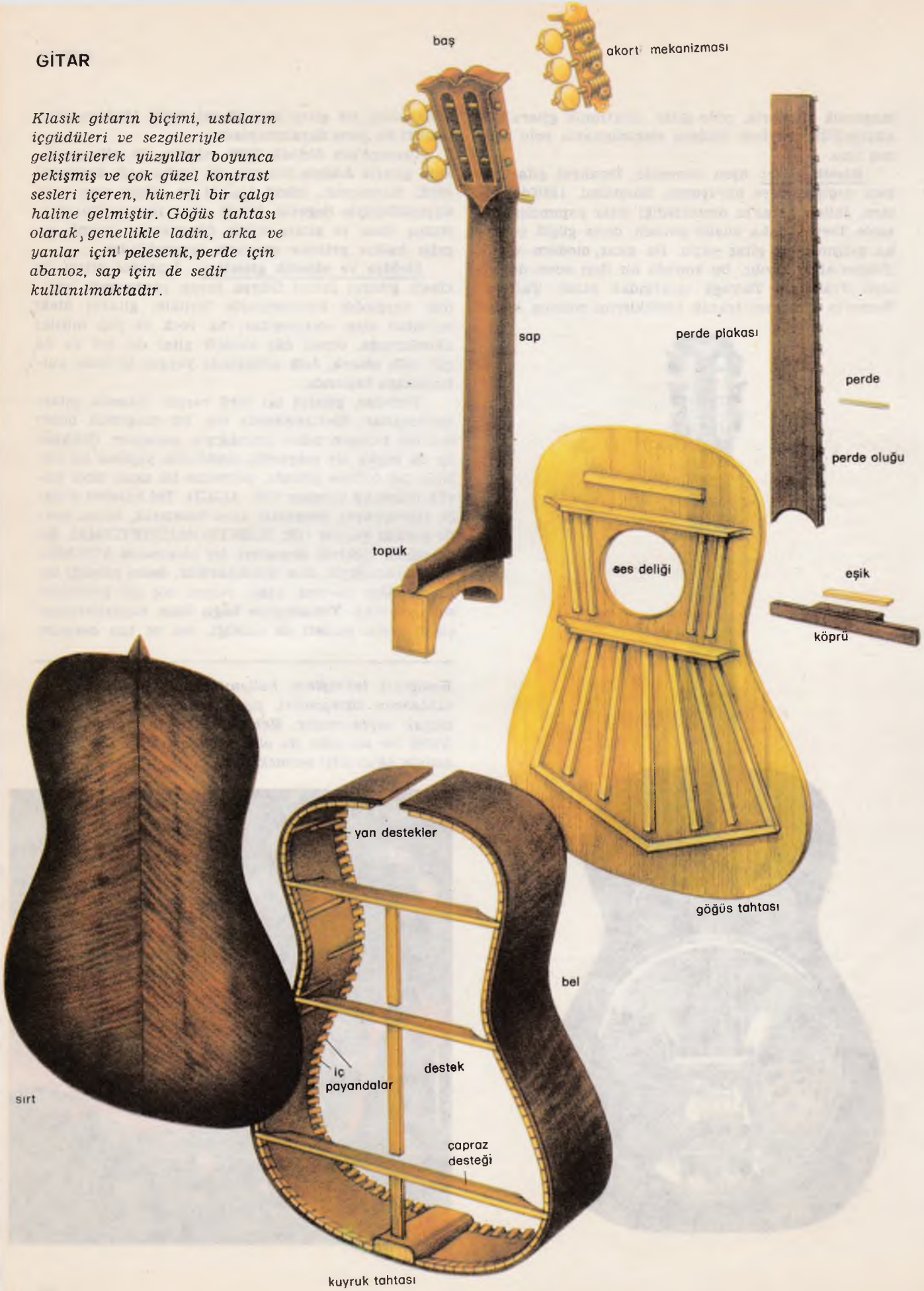
Elektro ve akustik gitarlar: İspanyol gitarı ile klasik gitarın İkinci Dünya savaşı sonrasında yeniden yaygınlık kazanmasıyla birlikte, gitarın öteki biçimleri olan elektrogitar, caz, rock ve pop müziği akımlarında, tepesi düz akustik gitar da, tek ya da çift telli olarak, folk müziğinde yaygın biçimde kullanılmaya başlandı.

Temelde, gitarın iki türü vardır: Akustik gitar: elektrogitar. Elektrogitarda ses, bir magnetik bobin önünde titreşen teller aracılığıyla çoğaltılır. Çelikten ya da başka bir magnetik maddeden yapılan bu tellerin her birinin altında, çevresine tel sarılı birer küçük mıknatıs bulunur (Bk. ALICI). Tel hareket ettikçe (titreştikçe), magnetik alan bozularak, bobin içinde gerilim yaratır (Bk. ELEKTROMAGNETİZMA). Elde edilen elektrik sinyalleri, bir elektronik YÜKSELTİCİ aracılığıyla, sese dönüştürülür. Sesin niteliği üstünde gitar gövdesi, aşağı yukarı hiç bir belirleyici rol oynamaz. Yükselticiye bağlı olan hoparlörlerden çıkan sesin şiddeti ve niteliği, ses ve ton denetim

Holografi tekniğinin kullanılmasıyla, göğüs tahtasının titreşimleri, siyah ve kırmızı çizgiler olarak saptanmıştır. Resimdeki (altta) gitar, 254 Hz'lik bir ses (261 Hz olan standart Orta DO sesinin biraz altı) vermektedir.

GİTAR

Klasik gitarın biçimi, ustaların içgüdüleri ve sezgileriyle geliştirilerek yüzyıllar boyunca pekişmiş ve çok güzel kontrast sesleri içeren, hünerli bir çalgı haline gelmiştir. Göğüs tahtası olarak, genellikle ladin, arka ve yanlar için palesenk, perde için abanoz, sap için de sedir kullanılmaktadır.



mekanizmalarıyla ayarlanır.

Akustik gitar, klasik gitar, halk sazları ve çello gitar, bir köprü üstüne yerleştirilen tellerin titreşimlerinin gövde alınlığına (ses tahtası) aktarılmasıyla ses çıkarır. Gövdenin (alınlık, yanlar ve sırt) boyutları, biçimi ve yapılışı, sesin niteliğini belirler.

Yapım: Antonio Torres'ten sonraki bazı gitar yapımcılarının geliştirdiği ilkeler, daha sonra İspanya dışındaki (özellikle Alman) yapımcılar tarafından uyarlanmıştır. Bunların en önemlisi Hermann Hauser'dir. Günümüzde dünyanın çeşitli ülkelerinde birçok gitar yapımcısı bulunmaktadır. Her yapımcı, Torres'in gitarını kendine göre değiştirdiyse de, tümü özgün biçime sadık kalmaya çalışarak, çalgının kökeninden uzaklaşmamayı amaçlamışlardır.

Söz konusu biçimin temel özelliği, tellerin hemen altındaki levhanın tellerle birlikte titreşerek, bu titreşimi koruması ve sürdürmesidir. Torres, bir mühendis ya da bilim adamı değildi. Yalnızca ağaçtan anlayan, eli işe yatkın ve iyi gitar yapmayı amaç edinmiş bir kişiydi. Gerçekten en iyi gitarlar, her parçanın nasıl işlenmesi gerektiğini içgüdüleriyle sezen ustalar tarafından yapılmıştır.

Gitar yapımında kullanılacak ağaçları bilimsel yoldan saptayıp daha iyi gitarlar üretmek için çalışmalar yapılmış, ama en iyi sonucun, geleneksel olarak kullanılan ağaçlarla alındığı görülmüştür: Alınlık (ses tahtası) için ladin; arkalar ve yanlar için pelesenk ya da maun; perde bölümünde abanoz; sap için de Küba sediri.Köprü genellikle pelesenkten yapılır. Arka ve yanlar için akçaağaç, çınar, algaroba ve ceviz de kullanılır; ama en iyi sonucu pelesenk verir.

Flamenko gitarının yanları ve arkası, bu gitara özgü berrak sesi elde etmek için, daha gevrek bir ağaç olan selviden yapılır. Çelik telli, düz tepeli akustik gitarların göğsü ladinden, arka ve yanları ise pelesenk ya da maundan yapılır. Göğüs tahtası bu gitarlarda, klasik gitardakinden daha sağlam ve daha yalındır. En iyi çello gitarların göğüsleri genellikle ladinden, yan ve arkaları ise akçaağaçtan yapılır. Bunlarda, yuvarlak ses deliği yerine, ince uzun eğriler biçiminde (kemandaki gibi) delikler ve biri bas teller üstünde, öteki tiz teller üstünde olan iki çubuk bulunur.

Hawaii gitarı öteki gitarlardan farklıdır. Göğüs üste gelecek biçimde, dizlerin üstüne yatırılarak çalınır ve sesin değiştirilmesi, sap üstünde dolaştırılan bir «kapo»yla sağlanır. Kaponun bu hareketi sırasında da Hawaii gitarının kendine özgü sesi elde edilir. Sağ elde, metal ya da plastik parmak uçlukları takılıdır. Kaponun yan ya da dik olarak takılmasına göre çeşitli akortlar elde edilebilir. Hawaii gitarının biraz daha karmaşık bir biçimi de, «pedallı gitar» denilen türdür. Bu gitarda ses düzeni, pedal aracılığıyla ayarlanır.

Son yıllarda rock, pop ve folk gitarcıları, bazı özel armoni dizileri yaratmak ve kişisel ya da geleneksel bazı melodileri üretmek için, farklı akortlar kullanmaya başlamışlardır. Klasik gitarda altıncı teli RE olarak, bazen de beşinci teli SOL olarak akort etmek alışkanlık haline gelmiştir; ama genellikle geleneksel düzen, en kullanışlı ve özgün olanıdır.

İspanya ve Latin Amerika gibi, gitarın her zaman en yaygın müzik aleti olduğu ülkeler dışında, gitar, genellikle bir moda salgını görünümü taşımıştır. Günümüzdeyse, görülmemiş bir hızla yaygınlaşmakta ve müzik dünyasında önemli bir yeralmaktadır.

GİYİM ENDÜSTRİSİ

Giyim endüstrisi, üretilen maddenin değerine katkısı bakımından, temel el becerisinin hâlâ önemli rol oynayabildiği birkaç endüstri dalından biridir. Bununla birlikte, son birkaç yıl içinde giysi yapımcıları, nitelikli işçilerin bu daldan ayrılması gibi bir sorunla karşı karşıya kalmışlardır: Önemli bir beceri istemeyen, buna karşılık üretim derecesini yüksek tutan endüstri dallarında, daha yüksek ücretler ödenmektedir. Nitelikli personelin işi bırakmasına, el emeği değerinin giderek yükselmesi ve üretimi artırma isteği de katılınca, çözüm olarak, giyim endüstrisinde kullanılan otomatik ve yarı otomatik makinaların artırılması yoluna gidilmiştir.

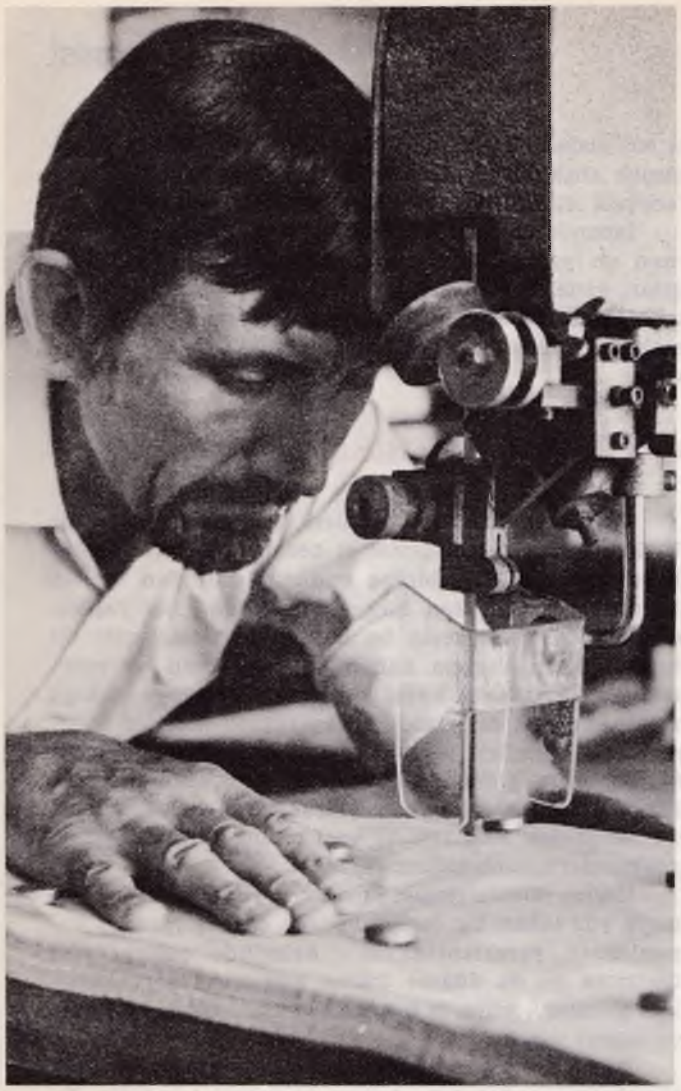
Giyim endüstrisinin, modern yöntemlerle silinmeye yüz tutan bir özelliği, *parça başı iş (fason)* yapanlardan yararlanmaktır: Evlerinde çalışıp, etek bastırma ya da düğme dikme gibi işleri gören kişilere giysiler verilip, iş bitince toplanır; ödeme de parça başına yapılır.

Biçki: Her tür giyim eşyası yapımında ilk aşama, kumaşın üst üste konup biçilmesi işlemidir. Bu iş çok dikkatli, en az kumaş ziyan edilecek biçimde yapılmalıdır. Eskiden elle yapılan biçme işi, çok sayıda nitelikli işçi gerektirirdi. Günümüzde 100 kata varan kalınlıkta kumaş, otomatik makinalarla bir defada biçilebilmektedir. Biçme işleminden önce, kumaşın üst üste yerleştirilip yayılması da zordur. Ancak, modern makinalarla, kareli ya da çizgili kumaşların bile, biçme işlemi için hiç kaydırılmadan üst üste konması oldukça kolaylaşmıştır.

Kumaş, biçki masasında üst üste yerleştirildikten sonra, kesim patronu en üstteki kumaşa çizilir. Günümüzde, Alman «Kuris» sistemi gibi, kumaşları alttan kesebilen otomatik biçki makinaları da kullanılmaktadır. Söz konusu makinayla, biçki bölümünde çalışanların sayısı % 30 oranında azaltılabilir.

Makina bölümü: Günümüzde, giyim eşyası üreten fabrikaların çoğunda, taşıyıcı kayış sisteminden yararlanılır. Taşıyıcı kayış, bir denetim noktasından çalıştırılır ve dikilecek ya da işlenecek parçaları her makina işçisine ayrı ayrı yöneltip, tamamlanınca bir sonraki işlem sistemine aktarır. Böylece, parçaları bir makina işçisinden ötekine taşıyan ve bir zamanlar işçi sayısının yaklaşık % 20'sini oluşturan işçilere gerek kalmamıştır.

Eskiden giyim eşyası yapımında kullanılan tek



makina, endüstri tipi DİKİŞ MAKİNASI'ydı. Bu makinalardan günümüzde de yararlanılmaktadır; ama, modern türleri çok daha gelişmiştir. Sözgelimi Singer ve Pfaff firmalarının yaptığı dikiş makinalarının bazılarında, dikilmiş bir parçanın ucundan sarkan iplikleri kesip alacak sürfile aygıtları bulunmaktadır. Eskiden, sürfile elde yapılır, dikişler elde düzeltilirdi. Oysa, söz konusu makinalarda, bir düğmeye basılınca kumaş kesilir ve kırpıntılar basınçlı hava akımıyla alınıp temizlenir.

Elbise, etek ve pantolon yapımında beceri isteyen işlemlerden biri de, fermuarın takılmasıdır. Ama bu iş de, günümüzde otomatik fermuar makinalarıyla kolaylaşmış, iş gücü gereksinimi azaltılmıştır. Makinaya, kumaşın iki parçası ile fermuarın verilmesi yeterlidir: Makina hem kumaşın kenarlarını bastırır, hem de fermuar diker. Fermuar makinasıyla, niteliksiz bir işçi, saatte 60 fermuar dikebilir. Oysa sıradan bir makinada, hiç bir işçi bu sayıya ulaşamaz.

Büyük beceri isteyen başka işlemler de, makinalarla kolaylaştırılmıştır. Sözgelimi yaka, kolağızları ve ceplerin biçimlendirilmesi, artık çok yalınlaşmıştır. Sıradan dikiş makinalarına, istenen biçimde plastik kılavuz takılarak, iğnenin kumaş çevresinde belirli bir yol izlemesi ve böylece büyük bir hızla, kusursuz bir dikiş dikmesi sağlanabilir. Erkek gömleği yakaları, özel kalıplarla çok sayıda üretilebilir. Ne var ki, bu tür sistemler, giyim endüstrisinin ancak sık sık modası değişmeyen kesimlerinde uygulanabilir. Her mevsim değişik biçimlerin uygulandığı dallarda elverişli değildir.

Etek ve kenar baskısı: Bir elbisenin bel dikişi gibi, düz olmayan iki kenarın birbirine dikilmesi, dikişte büyük beceri isteyen başlıca işlemlerden biridir. Günümüzde bu iş de, bütünüyle otomatikleşmiştir. Bu tür işleri yapan makinalar oldukça pahalıdır. Bununla birlikte, büyük çaplı işlerde, yüksek verimi, yatırım giderlerini kısa sürede karşılarlar.

Kolun yerleştirilmesi ve dikimi de, Pfaff 3 801-1/01 dikiş aygıtı gibi kolu takıp, kolevine dikecek biçimde programlanabilen makinalarla önemini yitirmiştir.

Ütü: Giyim endüstrisinde son işlem, bitmiş parçanın, ya elle ya da baskı makinasıyla ütülenmesidir. Eskiden ütücülerin başlıca işlevi, küçük kırışıklıkların giderilmesiydi. Oysa günümüzde, bütün kırışıklar, ütüye verilmeden önce, parçaların bir buhar tü-

---

Bir defada, birçok kat kumaşı büyük bir doğrulukla biçebilen bir kumaş kesicisi. (solda üstte) Kumaşların kalınlığı, resmin sol alt köşesinde açıkça görülmektedir. Patron, yalnızca en üst katın üstüne çizilmiştir. Geniş silindir başlı uzun iğneler ve ince çubuklar, kumaşın kaymasını önler.

Güney Amerika'daki bir fabrikada çalışan işçileri gösteren bu resimden (solda altta) de anlaşılacağı gibi, el işi, giyim endüstrisinde hâlâ büyük bir yer tutmaktadır.

Kumaşın düzgün biçimde yayılabilmesi için, biçilmeden önce yıkanıp gerilmesi gerekir. Resimde (sağda üstte) görülen silindirler kumaşı gerer, dokumayı düzeltir.

Pekin'de bir dokuma fabrikasında, dokunmuş pamuklu çorapların ısıtılmış kalıplar üstünde biçimlendirilmesi. (sağda ortada)

Hong Kong'daki bir giysi fabrikasında, erkek kostümlerine el dikişiyle son işlemlerin yapılması. (sağda altta)

nelinden geçirilmesiyle giderilir. Ütücü yalnızca, gerekli çizgileri yapar.

Kumaşlar: XX. yüzyıla kadar bütün giyim eşyaları yünlü, pamuklu, ipekli kumaşlar ya da hayvan derileri ve kürkleri gibi doğal maddelerden yapılırdı. Günümüzde yapay ipek, naylon, terilen, dakron ve akrilik gibi sentetik iplikler, ya tek başlarına ya da yünlü ve pamukluya karıştırılarak, geniş ölçüde kullanılmaktadır. PVC gibi bazı plastik maddeler ise, giysi yapımında kullanıldıklarında, dikiş yerine genellikle ısıl işlemle birbirine yapıştırılmaktadır. Günümüzde dünya dokuma tüketiminin % 20'sini aşkın bir oranını, yapay iplikler oluşturmaktadır.

GİZLİ DİNLEME AYGITLARI

Gizli konuşmaları dinlemek, çok eski çağlardan bu yana uygulanan yaygın bir casusluk türüdür. XX. yüzyıla kadar bu dinleme işlemi, anahtar deliklerinden ya da pencere kenarlarından gerçekleştirilirdi. Ama modern elektronik, bu alanda yeni bir çığır açtı. Zamanla, gizli bilgi edinme büyük önem kazandı ve yeni dinleme teknikleri geliştirmek için, çok büyük harcamalara girişildi.

Birçok ülkede polis, suçluları ve siyasi muhalifleri denetleme amacıyla telefonları dinler, gizli dinleme aygıtları yerleştirir. Bazı ülkeler, öteki ülkelere ilişkin bilgi edinmek için, bu tür aygıtlardan yararlanır. Söz konusu aygıtların yaygınlaşması sonucu, birçok ülkede yasak olmasına karşın, bu aygıtlar, özel dedektifler ve başka kişilerce de kullanılmaktadır.

Elektronik gizli dinleme aygıtlarının geliştirilmesi, hükümetlere bağlı casusluk kuruluşları ile askeri kurumlarca desteklenir. A.B.D'nin C.İ.A. ve Milli Güvenlik Örgütü gibi kuruluşları, bu alanda yeni teknikler geliştirme konusunda dünyaya öncülük etmektedir. Küçük ülkeler için askeri araçlar ve casusluk gereçleri üreten bazı elektronik firmaları da, yeni modeller geliştirmektedir. A.B.D. Uzay Programı sonucu, daha küçük ve daha güvenilir elektronik öğeler geliştirilmiş, böylece casusluk gereçleri daha da yetkinleşmiştir. Günümüzde elektronik aygıtlarla, binlerce kilometre uzaktaki konuşmaları bile dinlemek olanaklıdır.

Telefon dinleme: İlk elektronik iletişim araçla-

rından TELEFON, doğal olarak ilk elektronik dinleme aygıtının uygulama alanı oldu. Telefon dinleme aygıtı, en yalın biçimiyle, gizlice monte edilmiş paralel bir telefondan başka bir şey değildir. Büyük yapılarda bu dinleme aygıtı, ya başka bir katta ya da telefon kablolarının geçtiği herhangi bir yerde bulunabilir ve dinleyici, bu kablolara istediği yerden bağlantı yapabilir.

Paralel telefonun, dinlenecek telefonun yakınında bulunması gerekmez; kentin öteki ucunda bile olabilir (iş telefonlarına evde yanıt vermek isteyen birçok iş adamı da bu olanaktan yararlanır). Paralel telefon, resmi izinle yerleştiriliyorsa, ikinci telefon istenilen yere konulabilir. Dünyadaki büyük kentlerin çoğunda, gizli telefon dinleme odaları vardır. Bu odalar, merkez santralında ya da polis merkezinde bulunur.

Bu işle uğraşan kişiler, genellikle birkaç telefonu birden dinler ve önemli buldukları konuşmaları not ederler. Bu yöntem hâlâ birçok kuruluş (başta F.B.İ.) tarafından kullanılmaktadır. Ama son yıllarda, yalnızca telefon çalıştığı zaman otomatik olarak devreye giren teyplerle konuşulanları kaydetme yönünde bir eğilim belirmiştir. Bu sistem, dinleyene zaman kazandırır: Belirli aralıklarla bantların denetlenmesi yeterlidir.

Paralel hattın bağlanması, bu konuda uzman olmayan kişiler için bile zor değildir. Sözgelimi, dinlenmek istenen telefona, aynı yapıda bir büro tutulup, yapının telefon tellerinin birleştiği merkezdeki bağlantılar değiştirilerek, bir paralel bağlanabilir. Bu olanaksızsa, dinlenmek istenilen telefona küçük bir radyo vericisi yerleştirilir.

Odaları dinleme: Bir odada konuşulanları dinlemek, telefon dinlemek kadar kolay değildir. Telefon dinlemek için gerekli teller ve MİKROFON, zaten telefon bağlantısı yapılırken takılmıştır. Ayrıca, dinlenmek istenilen kişi doğrudan doğruya aygıtın içine konuşur ve en önemlisi, dinleme aygıtının yerleştirilmesi için, telefonun bulunduğu odaya girmek gerekmez.

Bir odada konuşulanları elektronik aygıtlarla dinleyebilmekse, çok daha güçtür. Bu iş için, önce odaya girip mikrofonu yerleştirmek ve bu mikrofona bağlanacak telleri döşemek gerekir. Üstelik, odada konuşulan her şeyi alabilecek güçte bir mikrofonun, son yıllarda gerçekleştirilen gelişmelerden önce, çok büyük olması gerekirdi ve duvara gömülmezse kolayca fark edilirdi.

Küçük ve çok duyarlı mikrofonlar yapılınca, bu

Mikrofonlar, radyo vericileri ve telefon dinleme aygıtları, duvarlara delinen deliklere, duvar diplerine ve masaların bacaklarına saklanabilir. Çivili mikrofon ise yan odanın duvarına ya da kapıya çakılır ve metal çividen gelen titreşimler kulaklıklara ulaşır.

sorun önemini yitirdi. Günümüzde dinleme aygıtı yerleştirenler, gizli mikrofonu, tellerin en kolay döşenebileceği noktaya koyabilmektedirler.

Bununla birlikte, teller hâlâ sorun yaratmaktadır. Sözgelimi, geçtiğimiz yıllarda Beyaz Saray (A.B.D.) karşısındaki parkta ayağı tellere takılan bir gazeteci, bu telleri izleyerek, bir bankın altına yerleştirilmiş mikrofonu bulmuştur.

Tel sorunu, telefonda olduğu gibi, radyo vericisiyle çözüme kavuşmuştur. RADYO vericisinin, küçük telsizlerden ya da radyo mikrofonlarından pek farkı yoktur. Bunların tek sakıncalı yanı, çalışmaları için elektrik akımı, yani pil gerekmesi ve pilleri bittiği zaman işe yaramamalarıdır. Gene de, günümüzde dinleme aygıtlarının çoğunda, telli sistemler yerine, radyo vericisi kullanılır.

Küçültme: Elektronik dinleme alanında en büyük gelişme, yüksek nitelikli, çok küçük devre öğelerinin yapılmasıdır. Yaygınlık kazanmış en küçük verici ile alıcının boyutları, 3 mm × 5 mm × 8 mm' dir. En küçük PİL'in çapı ise 4 mm'den azdır. Bunlara, sarmal biçimli küçük ANTEN'ler eklendiği zaman ortaya çıkan dinleme aygıtı, bir kesme şekerin ya da zeytinin içine sığacak büyüklüktedir.

Ne var ki, bu noktada, casusluk filmlerinde gösterilenlerin tersine, bazı sınırlamalar ortaya çıkar: Çok küçük pillerle çalışan vericinin gücü uzaklara ulaşamaz (dinleyen kişinin hemen yandaki odada bulunması gerekir); pil çok çabuk biter.

En küçük ve pratik dinleme aracı, kalemlere yerleştirilen vericilerdir. Bunların birçok türü vardır. Üstelik, elektronik parçalar çok az yer tuttuğundan, kaleme mürekkep konularak yazı da yazılabilir. Bu türden bir kalemde, mikrofon ile küçük vericinin yanı sıra, en az dört tane küçük pil bulunur (tümünün kapladığı hacim, kesme şekerden biraz büyüktür). Böyle bir kalem, konuşulanları, 3-5 metre uzaktan alabilir; ama piller yalnızca 7 saat dayanır. Verici ise, ancak 20-30 metreye ulaşabilir. Bu nedenle dinleyicilerin, biraz ilerde, sözgelimi yakına park etmiş bir otomobilin içinde bulunmalarını gerektirir. Kalemlerin bir başka sakıncası daha vardır. Mikrofon, kalemin yazı yazarken çıkarttığı gürültüyü de alır. Bu yüzden kalemi taşıyan kişi, onunla yazı yazmaz, birkaç sözcük yazdıktan sonra, masanın üstüne bırakır.

Çeşitli gizli dinleme aygıtları. — 1. Çanta teyp. — 2 ve 3. Teyp ve kalem mikrofon. — 4. İçinde mikrofon bulunan verici kalem. — 5. Verici mikrofon. — 6,7 ve 8. Minyatür fotoğraf makinaları. — 9. Altında verici mikrofon bulunan tabla. — 10. Pencereye yapışan verici mikrofon. — 11. Mikrofonlu saat. — 12. Telefon vericisi. — 13 ve 15. Verici mikrofonlar. — 14. İçinde verici mikrofon bulunan çakmak. — 16 ve 17. Mikrofon, verici ve yükseltici parçaları.

Pilin yedi saatlik çalışma süresi, dinlenecek odaya kolayca girebilen ve dinleme aygıtını yanında bulunduran bir kişi için yeterli olabilir; ama dinleme aygıtını gizlice yerleştirmek zorunda olan için yetersizdir. Bu yüzden, radyolu dinleme aygıtları daha büyük ve güçlü yapılır; çalışma süreleri de daha uzundur. Bu türden bir aygıt, boyutları 75 mm × 50 mm × 25 mm olan bir kutuya sığar. Kutunun yarısını da 6 voltluk pil kaplar. Yayın uzaklığını artırmak için, aygıta 1 metre uzunluğunda anten teli bağlanır. Böyle bir aygıt, 30 metre uzaktaki (hattâ aradaki kapı açıksa başka bir odadaki) konuşmaları alabilir ve 400 metreye kadar yayın yapabilir. Çalışma süresiyse, yaklaşık 25 gündür. Çok duyarlı olduğundan, bir masanın altına ya da perde rayının üstüne saklanabilir. Bir İngiliz firması, mobilyalar altına kolayca yapıştırılabilmesi için, arkası yapışkan bir maddeyle kaplanmış böyle bir dinleme aygıtı satmaktadır. Radyolu vericiler, kabaca 100 MHz dolaylarında, frekans modülasyonlu (FM) yayın yaparlar.

Telefon dinleme amacıyla kullanılan radyo vericileri, gerekli gücü telefondan sağlayabilirler. Bu tür aygıtlar, pil gerektirmediğinden, çok küçük yapılabilir. Dinlenecek kişinin evine ya da bürosuna girmek istenmiyorsa, verici, söz konusu yapının zemin katında ya da dışında yeralan merkezi telefon kutusuna yerleştirilir. Bununla birlikte verici, genellikle dinlenen telefonun içine konulur. Mikrofon ile verici, telefonun mikrofonunun içine yerleştirilir; telefonun kablosu da verici anten görevini üstlenir. Telefonda mikrofon değişikliğini yapmak, bir dakika bile sürmez.

Dinleme aygıtlarının boyutlarının küçültülmesi, bu alana başka yenilikler de getirmiştir. Günümüzde iki saat süreyle çalışan 130 mm × 80 mm × 30 mm boyutlarında teypler vardır. Teybi yalnızca konuşulduğu zaman çalıştıran ses anahtarının boyutları da 100 mm × 60 mm × 20 mm'dir. Bunların ikisinin de pilleri içlerindedir.

Gelecek: Boyutların küçültülmesi ve radyo vericisi kullanımının günden güne artması, elektronik dinleme aygıtlarının saklanmasını çok kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte, radyo vericilerinin de kendilerine özgü sorunları vardır: A.B.D'nde, boşanma davasıyla ilgili olarak radyo vericisi kullanan bir dedektif, yayını duyan bir radyo amatörünün polise haber vermesiyle yakalanmıştır; konuşmalarının dinlenmesinden kuşkulanan iş adamları, geniş bantlı alıcılar kullanarak, bürolarından yapılacak radyo yayınını izleyebilirler.

Cepte ya da omuz altında taşınan, çok küçük, teybe ya da vericiye bağlanan, iki gizli mikrofon türü. Soldaki kol düğmesinde, sağdaki ise kol kol saatinde gizlidir.

Gelecekte radyolardan daha az yararlanılacağı sanılmaktadır. İngiltere'de, bunların yerini alacak iki aygıt üstünde çalışmalar yapılmaktadır. Söz konusu aygıtlardan biri, yalnızca hızla sarıldığında yayın yapan bir teyptir. Böylece, iki saatlik bir konuşma birkaç dakikada yayınlanmaktadır. Alıcı uca yerleştirilen teyp, bu yayını aynı hızda alıp, ardından normal hızda çalmaktadır.

Öteki teknik ise, konuşmaları, sayısal işaretlerle TV görüntüsü biçiminde vermektir. Böylece, uzunca bir konuşmanın, bir tek TV görüntüsü halinde yayınlanması olanağı bulunmuştur. İki yöntemde de temel amaç, yayını çok kısa sürede gerçekleştirip, saptanmasını önlemektir.

Bir başka seçenek de LAZER'den yararlanmaktır. Ses, nesneleri titreştirir. Dolayısıyle, titreşen nesneden bir lazer ışını yansıtılarak, titreşimleri kaydedilebilir. Sonradan bu kayıtlar yeniden ses biçimine dönüştürülerek dinlenir. Lazerle çalışan aygıtlar yapılmıştır; ama bunlar çok pahalı ve karmaşık olmakta, genellikle de istenen sonucu vermemektedir. Bununla birlikte, bazen konuşmaların başka bir yöntemle dinlenmesi olanaksızdır. Sözgelimi, bir otomobilin içinde yapılan konuşmaların saptanması için, ya DÜRBÜN'le dudakları izleyip söylenenleri anlamak ya da dikiz aynasına bir lazer ışını vermek gerekir. Oda içinde konuşulanların öteki aygıtlarla dinlenmesi çok daha kolaydır; ama gerekirse, titreşim yapan bir nesneye (bir takvim yaprağı gibi), lazer ışını da verilebilir.

Yakadaki iliğe takılan ve sözgelimi, bir karanfille gizlenen yaka mikrofonları, vericiye ya da teybe bağlanır ve 1,5 m uzaktaki konuşmaları alabilirler.

GİZLİ ISI Bk. MADDE (özellikleri)

GODDARD, ROBERT (1882 - 1945)

Robert Goddard, füze yapımı alanının öncülerindendir. Düşünceleri ve yaptığı deneyler, insanlı ay uçuşlarına giden yolun yapı taşlarını oluşturmuş, ama kendi, çalışmalarının savaş endüstrisinden daha yararlı bir alanda kullanıldığını göremeden ölmüştür.

Worcester'de (Massachusetts) doğan Goddard, 1911 yılında Clark Üniversitesi'nde doktorasını verdi. 1914 yılında aynı üniversitede öğretim üyesi olarak çalışmaya başladı. Yerçekiminden kurtulabilecek çok aşamalı füzeler üstüne bir kuram geliştirdi ve füze itme gücü konusunda ayrıntılı bir matematiksel kuram oluşturdu. Katı yakıtlı füzelerle yaptığı deneyler sonucu, bunların, vakum altında daha iyi çalıştıklarını kanıtladı. Füze ve jet kuramları arasında-

ki karmaşanın ortadan kaldırılması için gerekli (jet motorlarına itme yapabilecek bir ortamın hazırlanması zorunluydu) deneyler yaptı.

Birinci Dünya savaşı sırasında Goddard, elde taşınan rampalardan ateşlenen 0,7-7,7 kg ağırlığında askeri füzeler geliştirdi. Savaş sona erdiğinde, bu füzeler başarıyla denendi ve İkinci Dünya savaşında kullanılan bazukanın (Bk. BAZUKA VE ÖTEKİ KÜÇÜK ROKETLER) ilk örneklerini oluşturdu. 1919 yılında Smithsonian Enstitüsü, Goddard'ın *Aşırı Yükseklere Ulaşma Yöntemi* adlı makalesini yayınladı. Goddard bu yazısında, füzelerden, meteoroloji araştırmalarında kullanılan bir aygıt olarak söz ediyor, ama son sayfada, Ay'a gidecek bir füze öneriyordu. Bu füzelerde, astronotların ateşlemenin başarılı olup olmadığını anlayabilmeleri için, parlak barutlu yakıt bulunacaktı. Smithsonian Enstitüsü, araştırmalar için parasal destek de sağladı.

1920'lerin başlarında Goddard, sıvı yakıtın tüketim hızının denetlenebileceğini anladı ve katı yakıt kullanmaktan vazgeçti. Daha büyük bir itme sağlayan dar çıkışlı, yüksek basınca dayanıklı çelik motorlar yapmaya başladı. İlk sıvı yakıtlı füzesini 16 Mart 1926'da Auburn'da (Massachusetts) ateşledi. Saatte ortalama 100 km yapan füze, 14 m yükseldi ve 70 m uzağa indi.

1930 yılında Charles Lindbergh (Atlas Okyanusu'nu uçakla geçen ilk kişidir), Goddard'ın Guggenheim Vakfı'ndan para almasına yardımcı oldu ve Goddard, deneylerini yapabilmek için New Mexico'daki çöle gitti. İkinci Dünya savaşından önce Goddard, sesten daha hızlı giden bir füze uçurdu ve cayroskoplu dengeleme sistemini geliştirdi. Birçok konuda patent aldı: Çok aşamalı füzeler; yakıt pompaları; motorlar için yeniden kazanımlı soğutma sistemleri; değişken itme güçlü roket motorlar; frenleyici füzeler; vb.

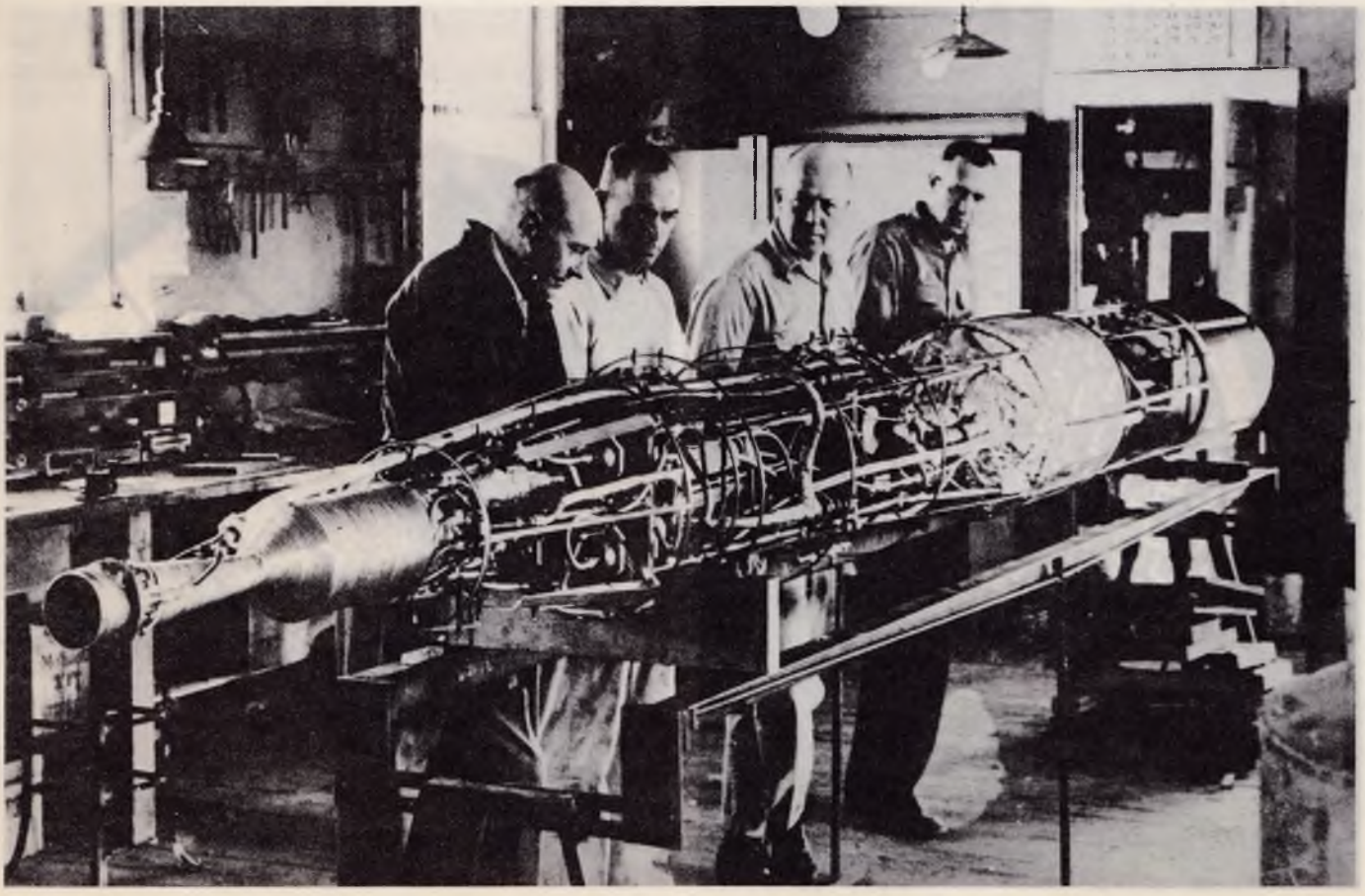
İkinci Dünya savaşı boyunca füze motorları ve J.A.T.O. (jet yardımıyla kalkış) üstünde çalışan Goddard, 1945 yılında öldü.

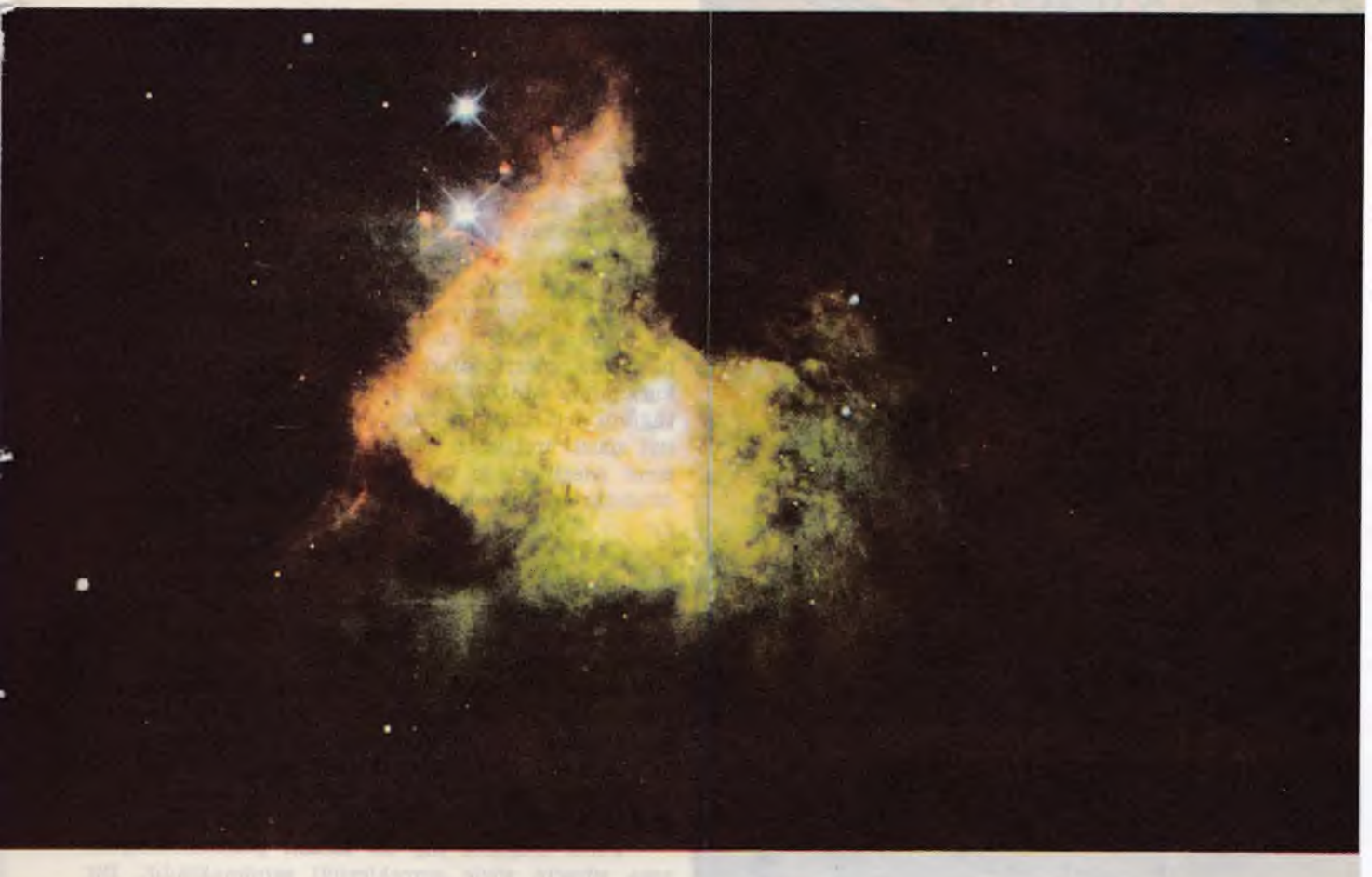
Resimde Dr. Robert Goddard, 31 Ocak 1940'ta üç yardımcısıyla birlikte büyük bir pompa tipi füzeyi deneye hazırlarken görülmektedir.

GÖKFİZİĞİ

Gökfiziği (astrofizik), gökbilimin fiziği anlamına gelir. Amacı, uzayda gözlenen cisimleri, dünyada uygulanan fizik yasalarına dayanarak açıklayabilmektir.

Gezegen ve yıldızlardan edindiğimiz bilgilerin aşağı yukarı tümü, ışınım yoluyla bize ulaşır; yani görünür IŞIK, radyo dalgaları, X IŞINLARI ve ELEKTROMAGNETİK IŞINIM, tayfın öteki öğeleri





Açık gecelerde gözle görülebilen Oriyon bulutsusu. (üstte) Yalnızca fotoğrafçılık yöntemleriyle açıkça görüntülenebilir. Yıldızlar, buna benzer bulutsulardan oluşmuşlardır; yeşil renk, parıldayan oksijen ve azot gazlarını simgeler.

biçiminde yeryüzünde algılanabilir. Bunların dışında kalan tek örnek, Ay ve göktaşlarının, kimyasal çözümleme yöntemleriyle (Bk. ÇÖZÜMLEME, KİMYASAL) incelenmesidir:

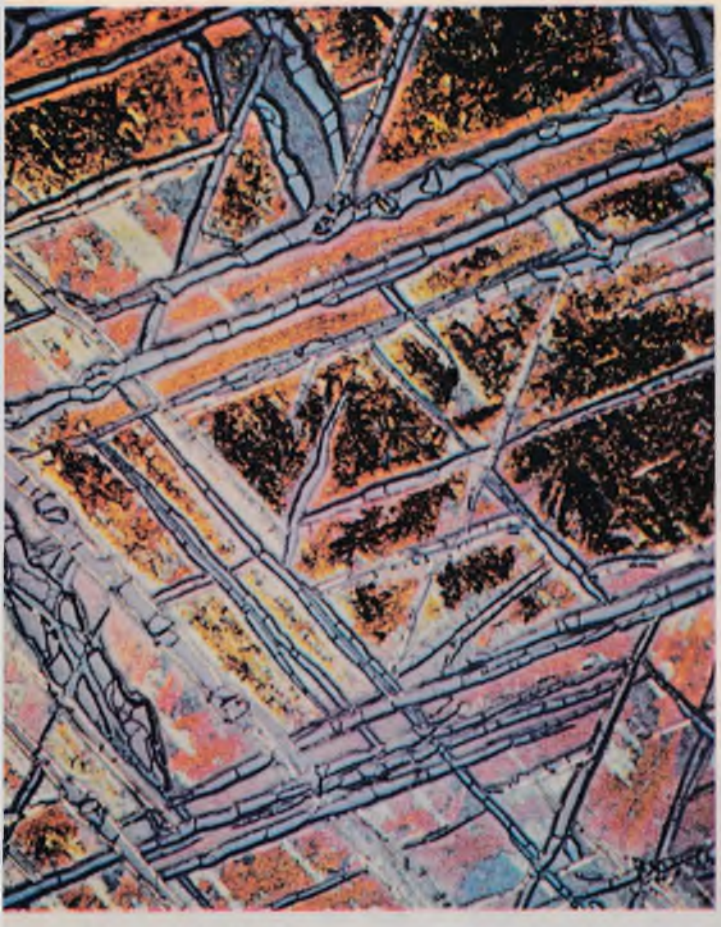
Fiziksel gözlem yöntemleri: TELESKOP'la, çıplak gözle izlenemeyen yıldız ışıkları (bunlar çok zayıf olabilir) görülebilir. Fotoğrafçılık yöntemleriyleyse, bir ya da birkaç saatlik çekimlerle, daha da zayıf yıldız ışıklarını bile görüntülemek olanaklıdır. Tayfgörür (Bk. TAYFGÖRÜR VE TAYFÖLÇER) yardımıyla da, yıldızlardan yayılan ışınlar çözümlenebilir.

Tayfgörür, beyaz ışığı tek tek dalgaboylarına, yani tayfa ayırır. Her kimyasal ELEMENT'in kendine özgü bir tayfı vardır (Bk. TAYFÖLÇÜMÜ). Yıldız ışığının ise, «*sürekli tayf*»ı vardır; yani gökkuşağının bütün renklerini içerir. Yıldızı çevreleyen gaz tabakaları bazı dalgaboylarını soğurduğundan, tayftaki renkler, siyah çizgilerle birbirlerinden ayrılabilir. Bu çizgilerin dalgaboyları, yeryüzündeki gazların yaydığı dalgaboylarıyla karşılaştırılarak, yıldızda bulunan maddelerin nitelik ve niceliği ortaya çıkarılabilir.

Her yıldızın, yüzey sıcaklığına bağlı bir rengi vardır. Kırmızı renkli yıldızlar soğuktur (3 000°C kadar); buna karşılık mavi renkli yıldızlar en sıcak yıldızlardır (25 000°C). Güneş'in yüzündeki sıcaklık, 5 800°C dolayındadır.

DOPPLER OLAYI'nda tayf çizgileri, hareketsiz bir gözlemciye göre, yıldızın hareketiyle uyumlu biçimde kayar. Doppler olayına gösterilebilecek en iyi örnek, tren düdüğüdür: Tren yaklaşırken düdük sesi, uzaklaşma sırasındaki sesten daha tizdir. Buna benzer bir durum, ışık olayında da gözlenir.

Tayf çizgilerinin Doppler olayıyla kayması, bir yıldızın Dünya'ya doğru mu, yoksa Dünya'dan uzaklaşan yönde mi hareket ettiğini gösterir; ayrıca, hareketin hızını da belirtir. Birbirinin çevresinde dolanan çiftyıldızlarda, yörüngelerin büyüklüğü ve yıldızların kütleleri, KEPLER ve NEWTON yasalarından yararlanılarak saptanabilir. Yıldızların hızları ve yörünge hareketlerini tamamlamaları için geçen zaman bilindiğinden, yörüngelerin gerçek boyutları hesaplanabilir. Yörüngelerin çapları, gökyüzünde küçük açılar cinsinden de hesaplanabilir; bu açılardan yararlanılarak da, yıldızın dünyadan uzaklığı saptanır.



Yakındaki yıldızların uzaklığı, Dünya'nın Güneş çevresinde dolanımı sırasında, bu yıldızların küçük yer değiştirmeleri gözlenerek bulunabilir (bu, uzayın iki boyutlu görüntüsünü veren bir olaydır). Söz konusu olaya, yıldızın «*ıraklık açısı*» (paralaks) denir. Bir yıldızın uzaklığı bilindiğinde, bu yıldızın, sözgelimi Güneş'e oranla ne kadar parlak olduğu saptanabilir. Güneş, en parlak ile en sönük yıldızlar arasında yeralmaktadır; dolayısıyle tipik bir yıldız sayılır.

Yıldızlar neden parlar: Yıldız tayfları incelendiğinde, onları oluşturan ana maddelerin hidrojen ve helyum gazları olduğu görülür. Yıldızlar, büyük miktarda enerji salarlar. EİNSTEİN, GÖRECELİK kuramında MADDE'nin doğrudan ENERJİ'ye dönüştüğünü açıklamadan önce, yıldızların bu kadar enerjiyi nasıl ürettikleri bilinmiyordu. Güneş ve yıldızların enerjileri, iç bölgelerindeki hidrojeni helyuma dönüştüren nükleer FÜZYON olayıyla sağlanmaktadır.

Çok parlak yıldızlar, hidrojen depolarını büyük bir hızla tüketmekte olduklarından, parlaklıkları birkaç milyon yıldan çok sürmez. Bu yüzden, gözlenebilen en genç yıldızlar, mavi renkli olanlardır. Genç yıldızlar, yaşlılara oranla helyumdan daha ağır elementler içerir. Çünkü, ağır elementler yalnızca büyük kütleli yıldızların içinde ve çok yüksek sıcaklıklarda oluşur. Büyük kütleli yıldızlar, sonunda, dıştaki tabakaları bir arada tutacak enerjiyi bulamayıp kararsız hale geçerler ve patlarlar. Bu olaya «*süpernova*» (üstnova) adı verilir.

Yıldız oluşumu hiç bir zaman gözlenememiştir: ama sürecin şöyle gerçekleştiği sanılmaktadır: Bir gaz kütlesi, büzülmeye ve birbirine çarpan gaz taneciklerinden ötürü ısınmaya başlar. Gaz bulutunun dönme hızı, büzülme sonucu artar (tıpkı bir buz patencisinin kollarını bedenine yaklaştırarak dönme hızını artırması gibi). Dönme hızı belirli bir sınırı aşınca ana kütleden halka biçimli bir kütle ayrılır. Halkanın zamanla yoğunlaşması sonucu, «gezegen» adını verdiğimiz kütleler oluşur. Bu sav doğruysa, Dünya'da bulunan maddelerin (insanı oluşturanlarda dahil), başlangıçta çok büyük yıldızların derinliklerinde yaratılmış olduğu söylenebilir.

Bir demir göktaşının (uzaydan gelen taş parçaları) düz yüzüne asit sürülürse, Widmanstaetten şekilleri oluşur.
Bunlar incelenerek, taşın yapısı ve geçirdiği sıcaklık evreleri öğrenilebilir. Resimde (solda üstte), 1853'te Tennessee'de Tazewell bölgesine düşen bir demir-nikel göktaşı görülmektedir. Bu taşın, Tarihöncesi devirlerde düştüğü sanılmaktadır.
Teleskopun önüne ince bir prizma yerleştirilerek, yıldızların toplu halde tayfları elde edilebilir. (solda) Resmin solunda, üstte görülen parlak yıldız, Aldebaran'dır. Tayfındaki ince çizgiler, soğuk bir kırmızı yıldızı simgeler. Öteki sıcak, mavi yıldızlar, yalnızca hidrojen çizgisi verirler.

Bazı süpernovalar arkalarında, birkaç km çapında ve saniyede birkaç kez dönen, yoğun kalıntılar bırakırlar. Enerji itkileri üreten (çoğunlukla radyo dalgaları) bu kalıntılar, «*zonklayan yıldız*» *(pulsar)* diye adlandırılır. Zonklayan yıldızlar, bilinen en yoğun maddeleri içerirler.

Bulutsular ve gökadalar: Teleskopla gökyüzüne bakıldığında, yıldızlar dışında, dumanımsı lekecikler de görülür. Bunlara «*bulutsu*» *(nebula)* adı verilir. Tayfgörürler, bulutsuların, yıldızları oluşturan gaz ve toz parçacıklarından oluştuğunu göstermektedir. Çoğunlukla sarmal görünümde olan lekeler ise, çok uzaktaki *gökadalar*dır (*galaksi*ler) ve her biri milyonlarca yıldız içerir. Dünya'ya en yakın olanın uzaklığı, 20 × milyon × milyon × milyon km'dir. Gökyüzünü baştan başa kesen parlak ışık bandı, «*Samanyolu*» diye adlandırdığımız, Güneş'i de içeren sarmal gökadamızın içten görünüşüdür.

Uzayda, çok uzaklarda «*kuasar*»lar bulunur. Bunlar, tek ışık noktası halindedir; ama yaydıkları enerji, bütün bir gökadanın yaydığından fazladır. Kuasarların, gökadaların başlangıç evrelerini simgelediği düşünülmektedir. Işığın yayılma hızı sınırlı olduğundan, bunlardan çıkan ışınımın, milyonlarca yıl önce verildiği sanılmaktadır. Dolayısıyla, kuasarları gözlediğimizde, bir bakıma zaman içinde geriye doğru bakmış oluruz.

GÖRECELİK

«Genel» ve «özel» diye ikiye ayrılan görecelik (*«rölativite», bağıllık* ya da *«izafiyet»* de denir) kuramı, yüksek hızların söz konusu olduğu durumlarda, klasik (*Newton*) fizik yasalarında yapılması gereken bazı düzeltmeleri, kütle ve enerji arasındaki ilişkileri, kütle çekimi kuramını içerir. Özel görecelik kuramı, 1916'da ortaya atılan genel kuramdan daha önce, 1905'te yayınlanmıştır.

Özel görecelik kuramı, birbirlerinden habersiz olarak Paris'te Henri Poincaré, Zürich'te de Albert EİNSTEİN tarafından ayrı ayrı geliştirildi. 1905'ten birkaç yıl önce, elektrik ve magnetik alan kuramlarıyla ilgili ESÎR kavramının artık geçerli olmadığı anlaşıldı. Dünya'nın, varlığı ileri sürülen esîr ortamına göre hareketini ortaya koymak için yapılan Michelson - Morley deneyi, başarısızlıkla sonuçlandı. Bilindiği gibi, elektrik ve magnetik alanların, «esîr» adı verilen bir ortamda yayıldıkları düşünülmekteydi. Oysa deneyde, ışık hızında ortaya çıkacağı düşünülen farklar gözlenmedi. Michelson-Morley deneyinin başarısızlığa uğraması, başka bir gerçeğin daha ortaya çıkmasına neden oldu. Işık hızının, ışık kaynağının (yaklaşık ışık hızıyla) gözlemciye doğru yaklaşmasına ya da uzaklaşmasına bağlı olmadığı ve hep aynı kaldığı anlaşıldı. Bu gözlem, görecelikle ilgili daha şaşırtıcı öngörülere yolaçtı.

Amsterdam'da Hendrik Lorentz, esîr içindeki hareketin algılanamayacağını gösterirken, Poincaré de bunun hiç bir zaman var olmadığını ileri sürüyordu.

Albert Einstein (üstte), 1905'te görecelikle ilgili ilk makalelerini yayınladığında 26 yaşındaydı. Einstein çalışmalarıyla Poincaré ve Lorentz'in çelişkilerini de çözmüştür.
Henri Poincaré (altta), ilk kez 1904'te görecelik kavramını ortaya koydu ve hiç bir şeyin ışıktan daha hızlı gidemeyeceğini ileri sürdü.

Poincaré ilk *görecelik ilkesini* şu biçimde ortaya koydu: *Fiziksel olaylara ilişkin yasalar, hareketsiz gözlemci için de, bu gözlemciye göre değişmez bir hızla hareket eden gözlemci için de, mutlaka aynı olmalıdır. Dolayısıyle, hiç bir zaman ve hiç bir biçimde, böyle bir hareketin içinde yeralıp almadığımızı belirleyemeyiz.* Poincaré'nin bu yeni fiziği geliştirdiği yıl, İsviçre Patent Dairesi'nde çalışan Albert Einstein da, aynı sonuçları verecek olan ve günümüzde «özel görecelik» diye adlandırılan kuramın, zaman ve uzay ölçümlerinin kritik çözümlemeleriyle uğraşıyordu. Einstein'ın çözümlemeleri, günümüzde ders kitaplarında yeralmaktadır.

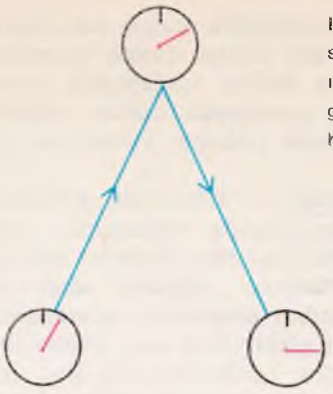
Saatlerin eşzamanlanması: Einstein'ın üstünde durduğu ilk sorun, iki olayın aynı anda olduğunu söylemenin doğru olup olmadığıydı. Bu sorun çok önemliydi; çünkü, bir nesneden çıkan ışığın gözümüze ulaşması için belli bir zaman geçmesi gerektiğinden, oluşan bir görüntü, gerçekte oluştuğu zamandan bir süre sonra görülebilirdi. Kuşkusuz yakınımızdaki olaylar için, ışık hızının yüksekliği nedeniyle, ortaya çıkan yanılgı yok sayılabilecek kadar azdır; ama çok uzaktaki cisimler için durum farklıdır.

Yerel zaman ölçümüzü irdeleme yollarından biri, kendi saatimizi kullanarak, uzaktaki bir nesneye ışık sinyalleri göndermek ve yansıyan sinyalleri geri almaktır. Buna «radar yöntemi» denir. Aynı biçimde, uzayda da birçok saatten oluşan bir sistem kurulup, bütün saatler bizim saatimizle eşzamanlanarak, zamanı kaydedilecek olay, onunla aynı yerde bulunan saatin verdiği değere göre not edilebilir. Ancak, bu yöntemin uygulanması için, bütün saatlerin bizim saatimize göre eşzamanlanması gerekir ve bu işlem için de ışık sinyalleri kullanılacaktır.

Saatlerin eşzamanlanması, uzak bir saate gönderilen ve ondan geri yansıyan ışık sinyaliyle yapılır. Uzaktaki saat bizim sinyalimizi aldığında, ışığın gidip dönme süresinin tam ortasında bulunuyorsa, bizim saatimizle eşzamanlanabilir. Sözgelimi, sinyal gönderdiğimiz anda saatimiz 01,00'i, sinyal geri döndüğünde de 03,00'ü gösteriyorsa ve uzaktaki saat, sinyal bize döndüğü anda 02,00'yi gösterirse, söz konusu saat bizim saatimize göre eşzamanlanmış demektir. «*Einstein uylaşımı*» adı verilen bu kuralda, ışık hızının değişmez olduğu ve hem cisme doğru giderken, hem de geri dönerken değişmediği varsayılmaktadır. Bu yöntemle, saatlerin eşzamanlanmasının yanı sıra, uzaklığın, zaman ve ışık hızı (300 000 km/san; *c* ile gösterilir) cinsinden hesaplanması da olanaklıdır:

$$\text{uzaklık} = \frac{\text{sinyali aldığımız an} - \text{sinyali gönderdiğimiz an}}{2} \times c$$

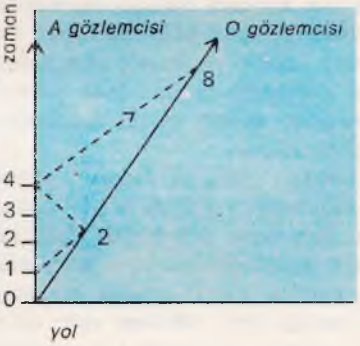
Uzaklığın birimi, ışık saniyesi, ışık saati, vb. cinsinden olabileceği gibi, kolayca öteki birimlere de dönüştürülebilir. Burada kullanılan örnekte, uzunluk birimi, bir ışık saatidir. Bir ışık saati, 1 130 000 000 km'dir (bu, güneş sisteminde Jüpiter ile Satürn arasındaki bir noktanın Dünya'ya olan uzaklığına eşdeğerdir).



Işık, bir saatten ikincisine bir saatte ulaşmaktadır. Uzaklık, ışığın gidiş-dönüşü sırasında geçen zamanın yarısının, ışık hızıyla çarpılmasıyla bulunur.

Uzaklık ve zaman ölçülerindeki bu kuralları görecelik ilkesiyle (düzgün hareket eden bütün gözlemciler için, fizik yasaları aynı olmalıdır) birleştiren Einstein, bir gözlemciye göre eşzamanlanan saatlerin, düzgün hızla giden başka bir gözlemciye göre eşzamanlı olmadığını gösterdi: Eşzamanlama, mutlak değil, görecedir. Hareket eden gözlemcinin ölçtüğü zamanın, duran gözlemcinin ölçtüğünden farklı hızla geçmesi gerekir.

Kendi saati bulunan bir gözlemci *(O)* düşünelim. Bu gözlemci, başka bir gözlemci *(A)* ile aynı noktadayken, kendi saatini sıfıra ayarlasın (saatini *A'* nın saati ile eşzamanlamak için). *A*, kendi saati eşzamanlamayı 1 saniye geçtiğinde, bir ışık sinyali göndersin. Bu sinyal, *O*'ya, *O*'nun saati 2 saniyeyi gösterdiği anda ulaşsın ve yeniden *A*'ya yansıyıp, *O*'ya geri dönsün. Bu durum en iyi, uzaklığın zamanla değişmesini gösteren uzay-zaman çiziminde anlaşılabilir.



Zaman-yol çizimi. Değişmeyen hızla hareket eden bir cisim, düz çizgiyle gösterilmiştir: çizginin eğimi hızı belirtir.

Görecelik ilkesi, *A*'ya geri dönen sinyalin varış zamanını bulmak için kullanılabilir. *O* ile *A* arasında zaman birliği vardır; bir saniye sonra *A* bir sinyal göndermiştir; *O* da bu sinyali, kendi saati 2 saniyeyi gösterdiğinde almıştır, eşzamanlılık gene sürmektedir. *O* ile *A* arasında geçerli olan bu ilişki, ters yönde de doğru olarak işlemelidir: *A* ve *O*'nun bir arada bulundukları andan bir saniye sonra, *O* bir sinyal gönderirse, bu sinyal *A*'ya, *O*'nun saati 2 saniyeyi gösterdiği zaman ulaşacaktır. Gene, *O*'nun saati 2 saniyeyi gösterdiğinde, bundan çıkacak sinyal *A*'ya ulaştığı zaman, *A*, 4 saniyeyi gösterecektir. Einstein kuralına göre *A*, O'ya varan sinyalin gidiş dönüş yolunun tam ortasında bulunduğunu ya da kendi saa-

tine göre 2,5 saniyelik uzaklıkta olduğunu söyleyecektir. Bu, *A* ile eşzamanlanan saatten sinyalin geri yansıyacağı andır. Ancak, *O*'nun saati 2 saniyeyi göstermektedir; dolayısıyle, yansıma anına göre *O* ve *A* farklı zamanlardadır. *O*'nun zamanı, *A*'nın zamanının beşte dördü kadardır. Aynı sinyali kullanarak, *O*'nun *A*'ya göre, görece hızını hesaplayabiliriz. *A*'ya göre ışığın gidip dönme süresi toplam 3 saniye olduğundan, sinyal *O*'ya varmak için 1 ½ ışık saniyelik (ya da 1 ½ *c*'lik) yol almıştır ve oraya ulaştığı anda A' daki saat 2 ½ saniyeyi göstermektedir. Bu yüzden *O*, 1 ½ *c*'lik bir yolu 2 ½ saniyede almıştır ve dolayısıyle hızı, hız $= \frac{\text{yol}}{\text{zaman}} = \frac{1\,½\,c}{2\,½} = \frac{3}{5}c$

yani ışık hızının 3/5'i olacaktır.

İlk bakışta *O*'nun zamanının, *A*'nın zamanından daha yavaş olması garip görünmektedir; çünkü görecelik ilkesine göre, *A* ile *O* arasında geçerli olan şey, *O* ile *A* arasında da geçerli olmalıdır. Gerçekten de öyledir, çünkü *A*'nın saati 4 saniyeyi gösterdiğinde *O*'ya ulaşan sinyal, *O*'nun saati 8 saniyeyi gösterdiğinde geri döner (iki çarpan gene aynı kalmıştır). Dolayısıyle *O*, sinyalin A'ya varış zamanını hesaplarken, kendi saatine göre sinyalin gidiş dönüş zamanının orta noktasını (5 saniyeyi) alır; oysa o sırada *A*' nın saati, 4 saniyeyi ya da *O*'nun zamanının *4/5*'ini göstermektedir. Her iki gözlemci için de, hareketli gözlemcinin saati, kendi tarafından öngörülen zamana göre yavaş gitmektedir. Çoğu kez bunun bir çelişki olduğu ileri sürülür: *O*'nun *A*'ya göre yavaş, *A*'nın da *O*'ya göre yavaş kalması nasıl olur? Karşılaştırılan *O* ile *A*'nın saatleri olmadığından, ortada herhangi bir çelişki yoktur. Burada yapılan, birinci durumda *O*'nun saatini *A*'nın zamanıyla ya da eşzamanlanmış saatlerle, ikinci durumda da *A*'nın saatini *O*'nun zamanıyla ya da eşzamanlanmış saatlerle karşılaştırmaktır. Görecelik kuramına göre, *A* ve *O* arasındaki ilişki bakışımlı (simetrik) olmalıdır ve gerçekten de öyledir.

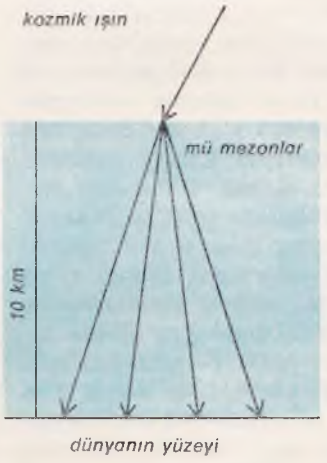
Yukarıdaki örnekte *3/5 c*'lik bir hız hesaplanmıştır, ama herhangi bir *v* hızı için de sonuç çıkarılabilir. Birer saniye aralıkla gönderilen sinyaller, öteki gözlemci tarafından aşağıdaki bağıntıdan bulunacak aralıklarla algılanır;

$$\sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}} \text{ san}$$

$v/c = 3/5$ için bu bağıntı iki çıkar (yukardaki örnekte olduğu gibi). Hareketsiz gözlemcinin saati ile hareketli gözlemcinin saati arasında şu bağıntı vardır:

$$\frac{\text{Hareketli gözlemcinin ölçtüğü zaman}}{\text{Hareketsiz gözlemcinin zamanı}} = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Kanıtlar: Günümüzde, hareket halindeki saatlerin daha yavaş ilerlediğini: bir başka deyişle, «*zamanın genleşmesi*»ni kanıtlayan sağlıklı kanıtlar vardır. Bunlara en yalın örnek *mü* (μ) *mezon*lardır. Bunlar, uzaydan gelen kozmik ışınların, atmosferdeki atomlara yaklaşık 10 km yükseklikte çarpması sonucu oluşan taneciklerdir. Mü mezonlar laboratuvar deneylerinden tanınmaktadır: Çok kararsızdırlar; saniyenin iki milyonda biri gibi kısa bir sürede, başka taneciklere ayrışırlar. Bu yüzden, ışık hızıyla hareket etseler bile, bu süre içinde ancak yarım kilometre kadar bir yol alabilirler. Bununla birlikte, mü mezonlar yeryüzünde görülmektedir; çünkü, ışık hızına yakın bir hızla yol aldıklarında, yaşlanmaları azalmaktadır (yani ömürleri uzamaktadır). Hızları *3/5 c* düzeyinde olursa, ömürleri % 20 artar; hızları ışık hızının % 99,9'una yaklaşırsa, normal ömürleri (bozunma süresi) 20 kez artar ve yeryüzüne kadar ulaşmaları için yeterli süreyi bulurlar.

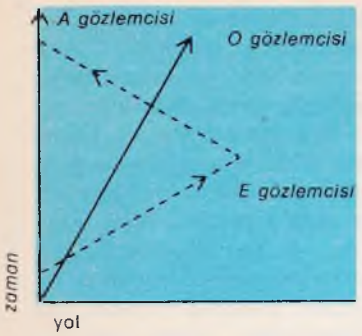


Mü mezonlar ömürlerinin kısalığına karşın, yeryüzüne ulaşabilmektedirler; çünkü, çok hızlı hareket etmeleri sonucu, mezonlarda zamanın akış hızı azalmaktadır.

Lorentz dönüşümleri: Özel göreceliğin asıl sonucu, «*Lorentz dönüşümleri*» diye adlandırılır. Bu dönüşümler, herhangi bir *v* hızıyla hareket eden iki gözlemciye göre uzaklık ve zaman ölçümlerini gösterir. Birbirine göre bir hızla hareket eden *A* ve *O* gözlemcilerini, önceki örnekte incelemiş ve zaman genleşmesini hesaplamıştık. Benzer bir hesaplama yöntemiyle, Lorentz dönüşümünün ne olduğu da anlaşılabilir: *A* gözlemcisi, *E* noktasına bir sinyal gönderir ve sinyal, *E*'ye doğru yol alırken ya da dönerken *O*'dan geçer. *A*, radar yöntemiyle kendi saatinden *E*'nin zamanını ve uzaklığını (sırasıyla *t* ve *l*) saptar. Benzer hesaplama yöntemini kullanarak, *O* gözlemcisinin de kendi saatine göre *E*'nin zamanını ve uzaklığını hesapladığını ve sırasıyla *T* ve *L* elde ettiğini düşünelim. *O*'nun hızı biliniyorsa, saatinin hızı da bilineceğinden *L* ve *T*, *l* ve *t* cinsinden ifade edilebilir. Bu yapılırsa aşağıdaki bağıntı elde edilir:

$$L = \frac{l - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \qquad T = \frac{t - vl/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

«Lorentz dönüşümleri» adı verilen bu eşitlikleri ilk olarak Poincaré geliştirmiş, Lorentz'in yaptığı bazı yanlışları da düzeltmiştir.

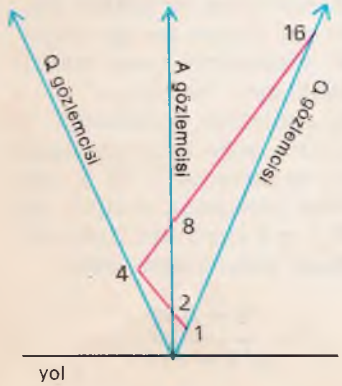


O gözlemcisi, ışık hızından küçük bir hızla yol almaktadır (düz çizginin eğimi). A ve O, E'ye giden ve yansıyıp dönen sinyal için zaman bakımından farklı değerler bulurlar. Ölçüler arasındaki ilişkiyi gösteren eşitliklere, «Lorentz dönüşümleri» adı verilir.

Önemli bir başka sonuç da, hızların toplanmasıyla ilgilidir. Hem Poincaré, hem de Einstein, hızların toplanmasına ilişkin yasalarda bazı değişikliklerin gerekli olduğunu görmüşlerdir. Işık hızından daha küçük hızlarda hızların toplanması söz konusu olursa, bileşke hızın değeri, hiç bir zaman ışık hızının değerini geçmemelidir. Bu açıklamayı daha da aydınlatmak için, deneyimizde *A* ve *O* gözlemcilerinden başka, ters yönde *3/5 c* hızıyla hareket eden bir *Q* gözlemcisinin de var olduğunu düşünelim. Yalın toplama yöntemini uygularsak, Q'nun O'ya göre 6/5 c'lik bir hızla hareket etmesi gerekir. Gerçekteyse durum farklıdır, çünkü, *c* hızıyla yol alan ışık sinyali, *O*'dan *A*'ya ulaşabilmektedir. Aynı sinyal *A*'dan da *Q*'ya geçebilecek. dolayısıyle *O* ve *Q* haberleşme olanağı bulabileceklerdir. Oysa birbirine göre uzaklaşma hızları *6/5 c* olsaydı, ışık hızının buna yetişmemesi gerektiğinden *O* ve *Q* haberleşemezdi. *O*'nun *Q*'ya göre görece hızını hesaplamak için, *O*'nun saati 1'i gösterdiğinde, bundan çıkan bir sinyali ele alalım: Bu sinyal *A*'ya saat 2'de, *Q*'ya da saat 4'te varacaktır (*Q* saatine göre). Geriye dönüşte ise *A*'ya saat 8'de, *O*'ya da saat 16'da (*O* saatine göre) gelecektir. Bu durumda *O*, *Q*' dan yansıma zamanını ve uzaklığını şu bağıntıyla hesaplayabilir:

$$\text{uzaklık} = \left(\frac{16-1}{2}\right)c = \frac{15}{2}c, \quad \text{zaman} = \frac{16+1}{2} = \frac{17}{2}$$

Q'nun *O*'ya göre görece hızı ise, uzaklığın zamana bölünmesiyle bulunacağından, sonuç *15/17 c* çıkar.



Bu çizimde gösterilen zamanlar, O'nun saatine göredir; ama O'nun Q'daki yansıma zamanını bilebilmesi için tek yol, sinyalin gönderilme ve geri dönme alanları arasında geçen zamanın ortalamasını almaktır.

Genelde, *A*'nın *O*'ya göre görece hızı *v*, *Q*'nun *A*'ya göre görece hızı da *V* ise, *Q*'nun *O*'ya göre görece hızı,

$$U = \frac{V + v}{1 + vV/c^2}$$

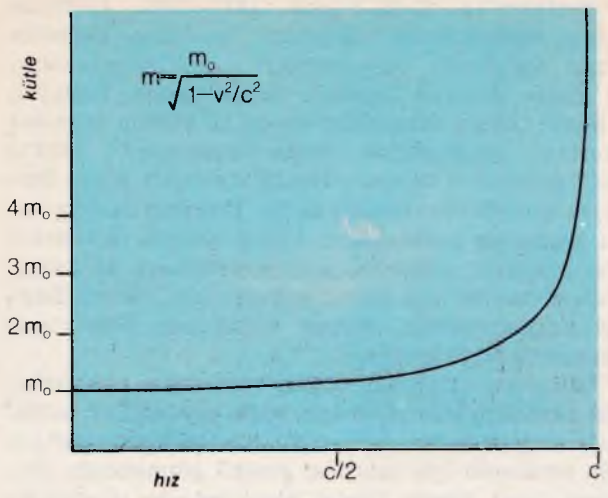
eşitliğiyle verilir. Bu bağıntı, birbirlerinden habersiz olarak, hem Poincaré, hem de Einstein tarafından bulunmuştur.

Hızlar, Newton fiziğinde olduğu gibi kolayca toplanamadıklarından, bu kuramın da düzeltilmesi gerekir; çünkü, bir cisme sürekli olarak kuvvet uygulanması, kütlenin ışık hızından daha hızlı hareket etmesini sağlamaz. Newton kuramında kuvvet etkiyince değişen, cismin momentumudur (kütlesi ile hızının çarpımı) ve eğer hız, ışık hızını aşmıyorsa, kütle, hıza bağlı olarak değişmek zorundadır (hız, ışık hızına yaklaştıkça kütle büyür). Örnek olarak, hedefe atılan bir mermi ve bu merminin hedef içine ne kadar saplandığı ele alınabilir. Merminin saplanma miktarı, ateş eden gözlemci ile atış doğrultusuna dik yönde ve büyük bir hızla hareket eden başka bir gözlemci için aynı değerdedir. Buna karşılık, hareket halindeki gözlemcinin ölçtüğü mermi hızı, ateş edeninkiyle aynı değildir. Çünkü, hareket eden gözlemcinin saati yavaş gitmektedir. Bu gözlemcinin ölçtüğü hız, $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ kez daha azdır. Ne var ki, saplanma miktarı momentuma, yani «kütle × hız»a bağlı olduğundan ve iki gözlemci için de aynı kaldığından, bu deneyde kütle, hızdaki azalma kadar büyümektedir. Dolayısıyle, hız arttıkça, kütle de artacaktır.

Merminin saplanma derinliği, dolayısıyle momentumu, her iki gözlemci için de aynıdır. Ama roketteki gözlemcinin saati yavaş hareket etmektedir. Dolayısıyle, «kendisine göre» merminin daha büyük kütleli olduğu sonucuna varır.

Newton fiziğine getirilen başka bir düzeltme de, kütle ve enerjinin ayrı nicelikler olmadığıdır. Bunlar, temelde aynıdır ve aralarındaki bağıntı $E = mc^2$ formülüyle tanımlanmaktadır. *E* enerjisi, ışık hızının karesi ile kütlenin (hız ile değişmektedir) çarpımına eşittir.

Güneş ve yıldızlarda kütle, enerjiye dönüştürülmektedir: Güneş'in parlaklığını sürdürmesi için saniyede 44 milyon kilogram kütle, enerjiye dönüşmektedir. Genellikle tepkime yetersiz olduğundan. yalnızca küçük bir miktar kütle enerjiye dönüştürülebilir; ama elektron, pozitron gibi temel taneciklerin çarpışması sonucu dönüşüm, % 100 verimle gerçekleşir (Bk. KÜTLE-ENERJİ EŞDEĞERLİĞİ).



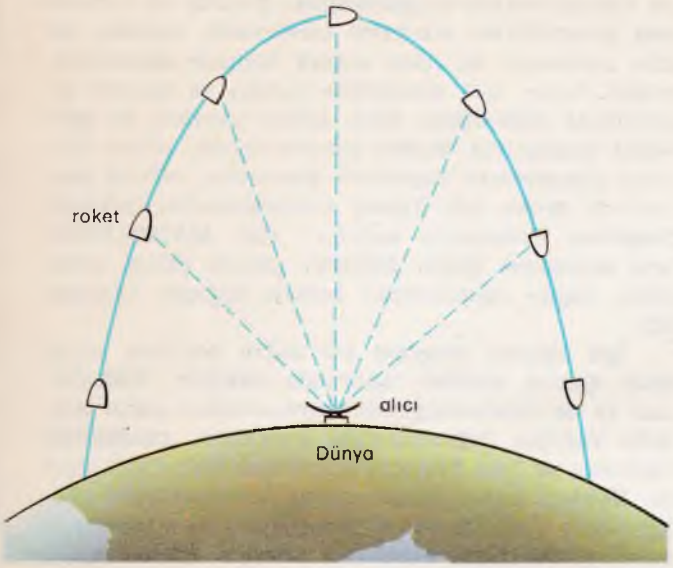
Hız arttıkça kütle de artmaktadır (m_0 = hareketsiz haldeki kütle). Işık hızının yarısından düşük hızlarda yanılgı önemsizse de, büyük hızlarda yanılgının düzeltilmesi gerekir.

Görecelik kuramının en ilginç sonuçlarından biri, uzayın derinliklerinde gizlidir. Bazı bilim adamları, dev gökada (galaksi) merkezlerinde gözlenen parlaklık bozukluklarına (şekildeki M82 gökadasında olduğu gibi), kara deliklerin neden olduğuna inanmaktadır.

Genel görecelik: «Genel görecelik kuramı», bir kütle çekim kuramıdır ve Albert Einstein ile matematikçi Marcel Grossman tarafından geliştirilip 1916'da yayınlanmıştır. Einstein, çekim alanlarının ivmeye eşdeğer etkiler oluşturduğunu görmüş ve ivmenin özel görecelikteki etkilerini inceleyerek, kuramı, çekim alanlarını da içine alacak biçimde genelleştirmiştir. İvme, özel görecelikte zaman ve uzaklık ölçümlerini etkilediğine göre, çekim alanları da aynı etkiyi yapmalıydı. Bunun sonucu olarak, çekim kütleleri yakınındaki cisimlerin geometrisi, «*Öklid geometrisi*» denen eski Yunan geometrisinden farklıdır. Sözgelimi Pythagoras kuramı (Bk. MATEMATİK), tam anlamıyla doğru değildir; çünkü, çekim nedeniyle, ölçme çubuklarının boyları değişim halindedir.

Işık ışınları gerçekte bir doğru boyunca yayılmaz: Çekim alanları nedeniyle bükülür. Yıldızlardan ya da elektromagnetik kaynaklardan çıkan ışınların yayılma doğrultusunda bükülmesi, günümüzde ölçülmüş ve hem Einstein kuramının doğruluğu, hem de Newton kuramındaki yanlış kanıtlanmıştır. Çekim alanı içinde saatlerin yavaşlaması da sınanmış ve genel göreceklikte öngörülen sonuçla iyi bir uyum sağladığı gözlenmiştir. Bunu kanıtlamanın bir yolu da bir rokete yerleştirilen saati uzaya fırlatıp, dünya üstündeki benzer bir saatle sürekli karşılaştırmaktır. Genel görecelik kuramında ayrıca, güneş siste-

mindeki gezegenlerin hareketinde, özellikle en yakın gezegen Merkür'de, küçük değişmeler olacağı öngörülmüştür. Gözlemler bu düşüncenin de doğru olduğunu ortaya çıkarmıştır.



Bir rokete çok duyarlı bir saat (hidrojen mazeri) yerleştirilip, yerden sinyallerle saatin çalışması denetlenerek, dünya üstündeki aynı cinsten bir saatle karşılaştırıldığında, «çekimsel kayma» ya da saatlerin yavaşlaması ölçülebilir. Bu deney günümüzde de yürütülmektedir.

Genel göreceliğin ortaya koyduğu en çarpıcı düşüncelerden biri de, bazı yıldızların giderek küçüleceği ve bu durumda oluşturacakları çekim alanından, ışığın bile kaçıp kurtulamayacağı savıdır. Gelecekte bu küçük yıldızlar *(kara delikler)*, çekim alanlarının yarattığı etkiyle tanınabileceklerdir. Günümüzde uzayda bu tür görünmeyen pek çok nesnenin var olduğu bilinmektedir.

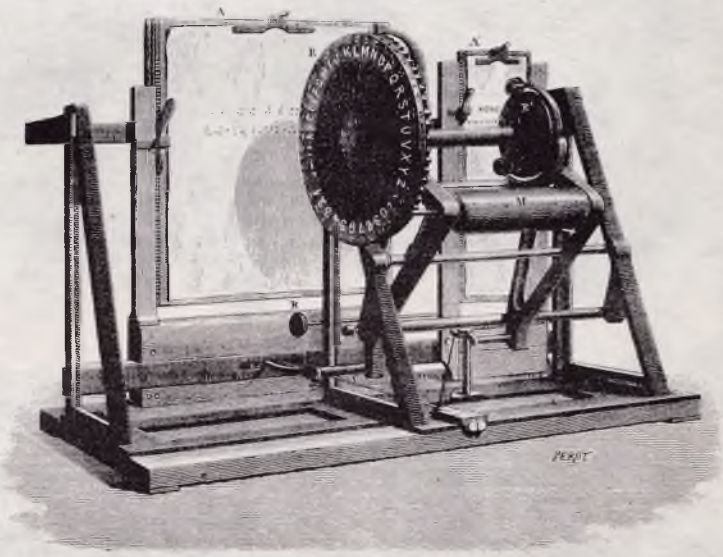
GÖRMEYENLERE YARDIMCI AYGITLAR

Duyu organlarından beyne ulaşan bilgilerin % 95'i, görme duyusuyla sağlanır. Gözler, kulaklar ve eller herhangi bir şey algıladıkları zaman, sinirlerde uyarılan itkiler, hızla beynin ilgili bölümüne ulaşır. Ağtabaka ile beynin görmeyle ilgili bölümü arasında, bu iletişimi sağlayan, milyonlarca sinir lifi bulunur. Okuma işlemi sırasında görülen sözcükler, beyne ulaşıp, normal konuşma sırasında algılanabilen sözlerden iki kat daha çabuk kavranır.

Bir karşılaştırma yapılırsa, kabartma harfleri parmağıyla yoklayarak okuyan bir kişi, her seferinde ancak bir tek harfi algılayabilir ve beyne bilginin bu biçimde, sırayla ulaşması yüzünden, okuma hızı azalır. Görme işlemi sırasındaysa, beyne bilgi, paralel iletim yoluyla ulaşır.

İngiltere'de Lord Fraser (1897-1974), körlüğün başlıca eksikliklerini ortadan kaldırma alanında önemli katkılarda bulunmuştur. 1930'larda «konuşan kitap» görevini üstlenen uzunçalarlarla başlayan ve İkinci Dünya savaşından sonra 18 kanallı teyp kasetlerinin gelişmesiyle süren girişimleri, 1974'te 40 000 dinleyicisi bulunan İngiliz Konuşan Kitap Servisiyle sonuçlandı. Londra'da St. Dunstan'da uyguladığı araştırma programları, kişisel okuma ve hareket etme alanında yardımcı araç geliştirmeyi de kapsıyordu. Onun bu çok yönlü yaklaşımları, birçok ülkedeki araştırmacıları, benzer kuruluşları destekleme konusunda yüreklendirdi.

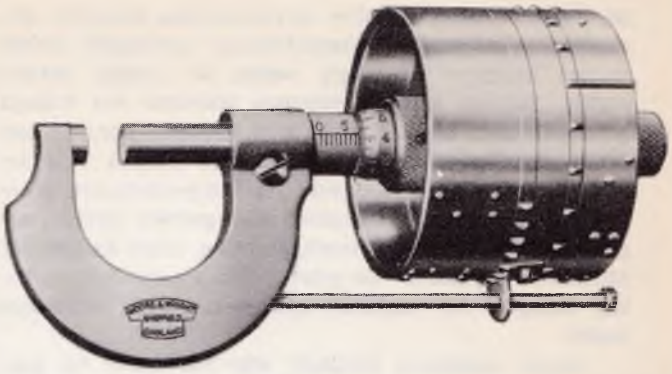
Görmeyen kişilerin büyük çoğunluğu parmaklarıyla okumayı öğrenmek için yaşlı sayıldıkları halde, özellikle gençlerden oluşan % 12-15'lik bir bölümü bunu eğitimleri için mutlaka gerekli görmektedir. Paris'teki Genç Körler Ulusal Enstitüsü'nün öğretmenlerinden Louis Braille (1809-1852) tarafından bulunan körler alfabesi, sayıları 1-6 arasında değişen kabartma noktalardan oluşan bir alfabedir. Bu altı nokta, küçük bir dikdörtgen alan üstüne çeşitli biçimlerde dizilir. Noktalar, 63 değişik biçimde gruplandırılabilir. Üst üste dizilmiş ikişer noktalı üç sıradan oluşan şekil, «*için*» anlamına gelir; en üst sıranın solunda yeralan bir tek nokta, «*a*» harfini gösterir. Matematik ve müzik gibi özel konular için özel nokta dizileri de vardır. Günümüzde, bilgisayar tekniğinin gelişmesiyle, konuşulan ya da okunanlar, doğrudan doğruya körler (ya da Braille) alfabesine dönüştürülebilmektedir.



«Diplograf» adı verilen bu aygıt (üstte), hiç görmeyen ya da iyi görmeyen kişilerin, aynı anda hem Braille alfabesiyle, hem de normal alfabeyle yazmalarını sağlar. Aygıtta, aynı eksen üstüne takılmış iki disk bulunur. Büyük diskin üstünde Braille alfabesi ve buna göre yazılmış sayı ve işaretler, küçük diskin üstünde de bildiğimiz harfler yeralır.

Okumaya yardımcı aygıtlar: İlk yardımcı okuma aygıtı, 1912 yılında Dr. Fournier D'Albe tarafından yapılan «optofon»dur. Bu aygıt, sayfadaki yazıları tarayarak, harfleri müziksel bir koda dönüştürür. 1918 yılında Barr ve Stroud firmasınca yapılan optofonların bir bölümü, günümüzde bile kullanılmaktadır.

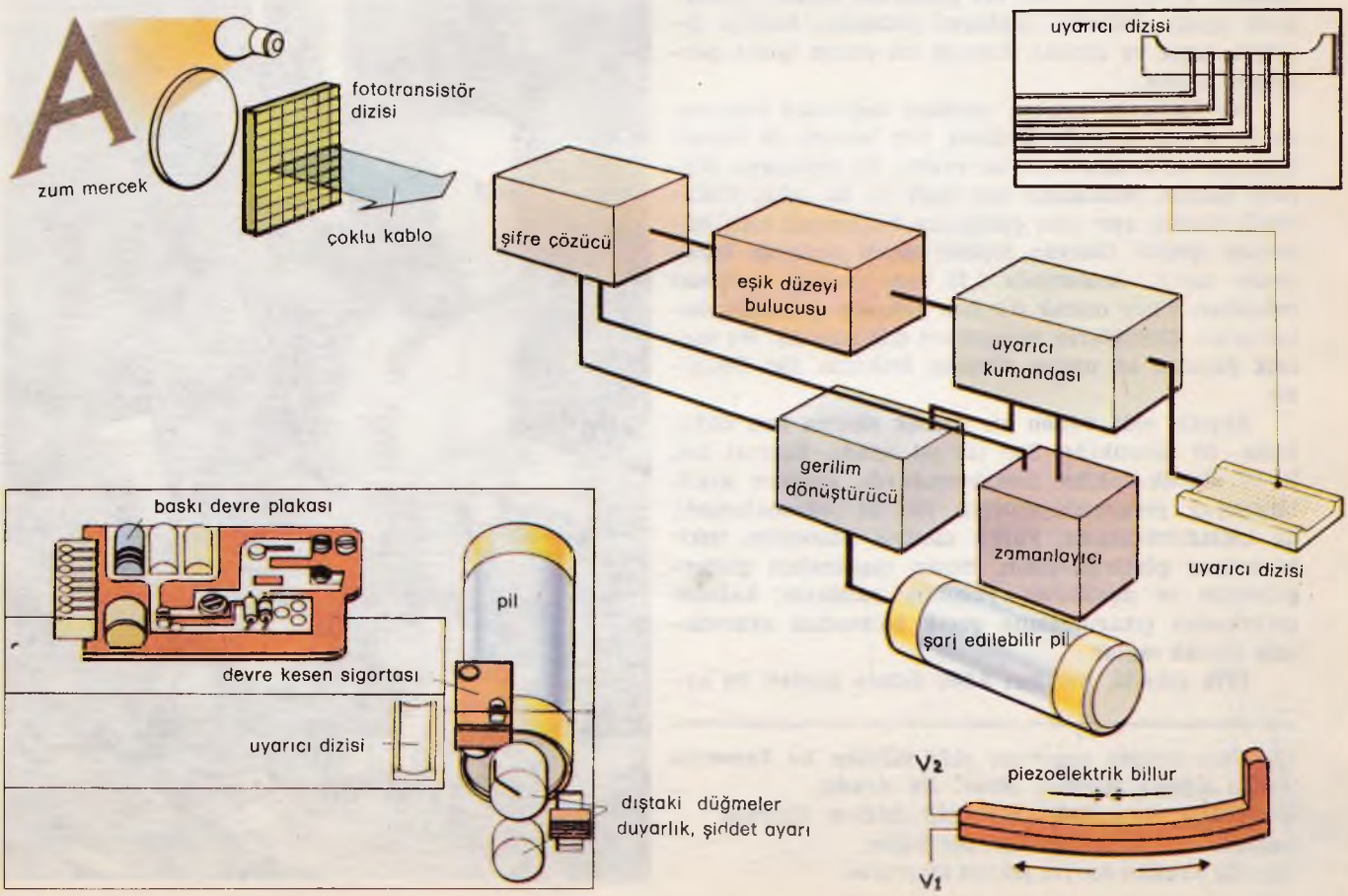
Daktilo makinası büyüklüğündeki bu aygıtta, dikey sütunlar halinde yanyana dizilmiş bulunan ışığa duyarlı, selenyumlu altı detektör, satır boyunca harfleri birer birer tarar. Harflerin karşısına gelen detektör, beyaz kağıt yerine siyah harfle karşılaştığında, ışık miktarındaki azalma, ayarlı osilatörlerle işaret edilir ve okuyucunun kulaklarında bir ya da birkaç nota biçiminde kendini belli eder. Duyarlı hücreler, bir kezde ancak bir harfi okuyabildiğinden, dikey olarak altı bölümün ayrı ayrı okunabilmesine karşın, okuma hızı yüksek sayılmaz. Londralı bir okuyucu, aygıtı 57 yıl sürekli kullandıktan sonra, günümüzde dakikada 40 kelime okuyabilmektedir. Buna karşılık, yeni başlayan bir kişi, bir yıllık çalışmadan sonra, dakikada ancak 5 kelime okuyabilir. 1948 yılında selenyumlu detektörlerin yerini, modern fotoseller almıştır.



Alışılmış mikrometrenin görmeyenler için geliştirilmiş biçimi. (üstte) Hareketsiz kafa, ortadaki dönmeyen silindire bağlıdır. Bu silindirin üstünde bir kabartma çizgi bulunur. Birbirine bağlı iki ayrı silindir de, bu silindirin çevresinde döner.

Gene yazıyı müziksel seslere çevirme yöntemi-

«Optakon» adı verilen okuma aygıtının çalışma ilkesini gösteren çizim. (altta) Sayfadan gelerek fototransistörlerin üstüne düşen ışık, elektrik sinyallerine dönüşüp piezoelektrik billurları harekete geçirir. Piezoelektrik billurlar, üstlerindeki çubukları (uyarıcı) titreştirerek, parmakla dokunulan bir yüzey üstünde, okunacak harfin biçimini belirtir.



ne, yani optofon ilkesine dayanmasına karşılık, günümüzde kullanılan «stereoton»un alıcısında dokuz fotosel bulunur ve çıkan sesler, iki kulağa birden verilir. Satırın altında yeralan işaretler sol kulağa gönderilirken, harfler ve satırın üstünde yeralan işaretler sağ kulakta duyulur; böylece okuma hızı artar. Bu aygıt aynı zamanda bir minyatürleşme örneğidir. Işığa duyarlı hücreler için gerekli enerji, aygıtın içinde bulunan, doldurulabilen nikel-kadmiyum pillerinden sağlanır. Bu piller, dokuz osilatörü ve yazıyı düzgün bir biçimde aydınlatan ışık kaynağını besler.

Aygıt, sayfanın üstünde elle yürütülür ve çapraz olarak yerleştirilen bir tutucu bant yardımıyla, satırın üstünde kalması sağlanır. A.B.D 'nde; özel yazışmalarını ve bazı belgeleri bu aygıt yardımıyla okuyup değerlendiren bir grup vardır.

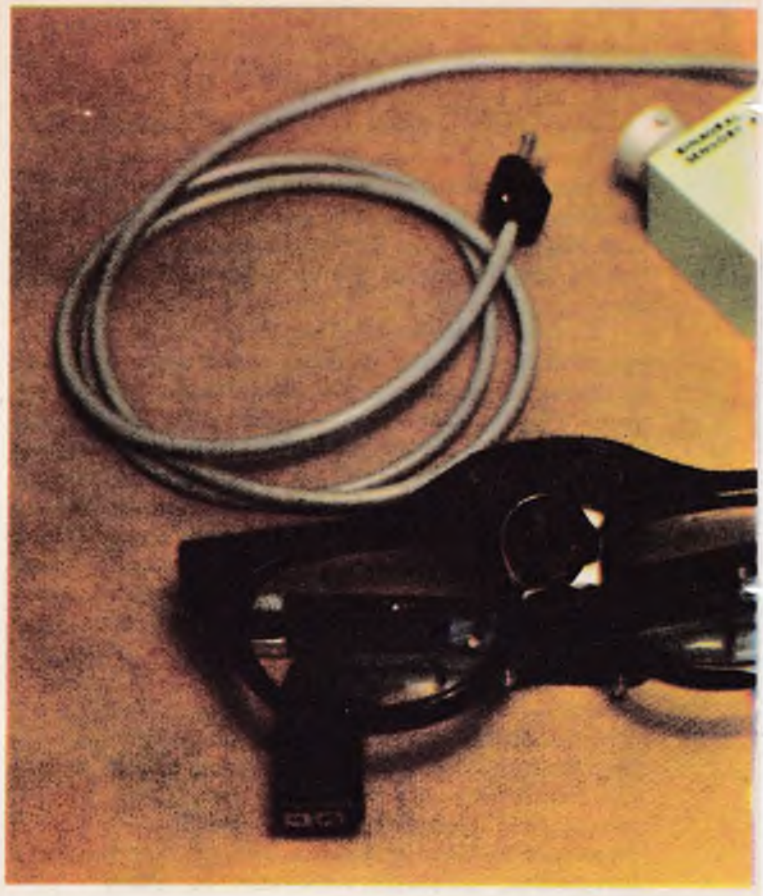
Stanford Üniversitesi ile Stanford Araştırma Enstitüsü'nde geliştirilip, 1971 yılında üretilmeye başlanılan «optakon» ise, çok ileri düzeyde bir yardımcı aygıttır.

Aygıt adını, «yazıdaki görüntünün dokunma duyusuna dönüştürülmesi» kavramından almıştır. Bu amaçla 100 gram ağırlığındaki minyatür bir kamera, yazı boyunca gezdirilir ve çok küçük metal çubuklardan oluşan mozaik benzeri bir yapıdan, büyütülmüş harf biçiminde titreşimler algılanır. 2,4 × 1,2 cm boyutlarındaki bu mozaik, her birinde 24 çubuk bulunan 6 sıradan, yani 144 çubuktan oluşur. Çubukların uçları, üstlerini kaplayan plakadan hafifçe dışarıya taşar ve okuyan kişinin sol elinin işaret parmağını uyarır.

Bir kabloyla aygıtın şasisine bağlanan kamerada da 6 sıra halinde dizilmiş, her birinde 24 fotosel bulunan «silis ağtabaka»lar vardır. Bu ağtabaka düzlemi üstüne odaklanan her harf ya da şekil, elektronik olarak, ayrı ayrı çubuklara bağlanmış olan billurlara iletilir. Okuyan kişinin işaret parmağı hareketsiz durur. Aralarında 1,25 mm uzaklık bulunan çubuklar, dikey olarak 0,1 mm yükselip parmağa dokunurlar. Çubukların genişlikleri 0,25 mm'dir. Bu mozaik yapının en uygun titreşim frekansı, 250 Hertz'dir.

Aygıtla elde edilen en yüksek okuma hızı dakikada 80 sözcüktür. Son iki yıl içinde normal hız, 30-50 sözcük/dakika dolaylarındaydı. Böylece aygıt, bilgisayar programlayıcıların verileri okumalarında da kullanılmaktadır. Farklı mercek sistemleri, ışıklı bilgisayar göstergelerinin, hesap makinaları göstergelerinin ve daktiloyla yazılmış yazıların, kağıdın makinadan çıkarılmasına gerek kalmadan okunmasına olanak sağlar.

1974 yılında, her biri 3 500 dolara satılan bu ay-



Optakon okuma aygıtının elde tutulan bu kamerası (altta sağda), satırları tarar. Bu sırada, sağ el elin parmakları hareketli düzlem üstünde bulunur. Titreşen çubuklar, parmağın altında okunan harfin şeklini oluşturur.

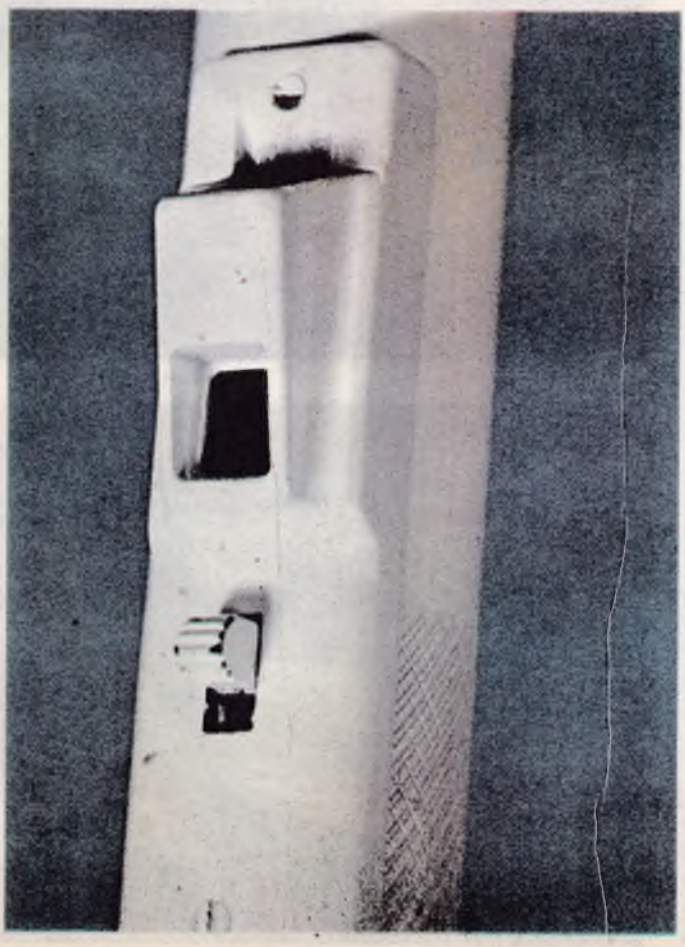
«Sesötesi gözlüğü» diye de adlandırılan Mark II tipi iki alıcılı aygıt. (solda) Ortadaki diskler, engellerden yansıyacak yüksek frekanslı sesi yayınlayan kaynak ile bunu algılayan iki mikrofundur. Saplardaki kulaklıklar yardımıyla duyulan sesin şiddeti, engellerin ne kadar uzakta olduklarını gösterir. Küçük kutuda, aygıtı çalıştıran sistem yeralır.
Üç ayrı lazer ışını yayınlayan «lazer bastonunun» vericileri. (altta solda)
Engeller, ışınları 3 fotosele yansıtır. (altta sağda)
Fotoseller de ya seslerin yayınlanmasını sağlar ya da düğmeyi titreştirirler.

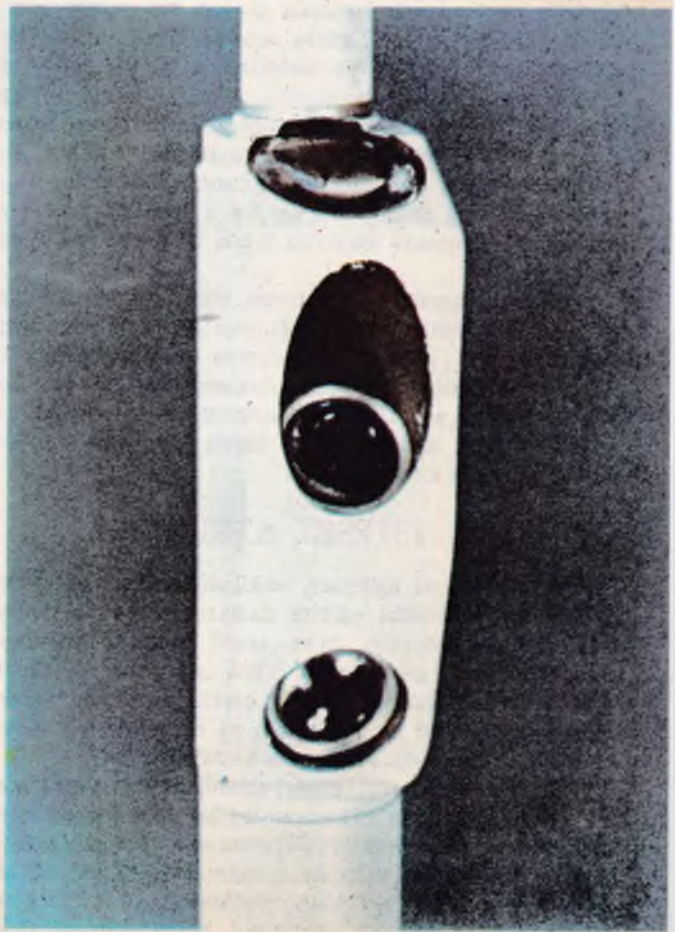
gıtlardan, 1 200 kadar üretilmiştir.

Yürümeye yardımcı aygıtlar: 1960 yılında L. Kay, Birmingham Üniversitesi'nde el fenerine benzeyen ve yankıyla çalışan bir aygıtın, görmeyenlerin yürümelerine yardımcı olacak biçime dönüştürülmesi için çalışmalara başladı. Bu tür aygıtların en yeni modeli olan, iki alıcılı Mark II modeli, vericinin iki yanına yerleştirilen kaynaklardan yayılan, frekans modülasyonlu sesötesi dalgaları yayınlar.

Aygıttan 60 derece açıyla çıkan sesötesi dalgalar,3 - 4 metre uzağa ulaşıp, çevreyi tararlar ; bu alan içinde bulunan yapılardan ya da çeşitli engellerden yansıyan dalgalar da, aygıtın iki alıcısı tarafından algılanır. Frekansları 90 kilohertz olan frekans modülasyonlu dalgalar, saniyede dört kez yayınlanır; dönen yankıların frekansında oluşan küçük değişmeler, elektronik olarak seslere dönüştürülüp, kulaklıklara gönderilir. Bu sesler, yol üstünde yeralan engelin uzaklığıyla doğru orantılıdır. Aygıtı kullanan kişi, sesin şiddetine göre, engelin ne kadar uzakta olduğunu anlar.

Aygıt uzun bir değnekle birlikte kullanılır; çünkü, yayınlanan ses dalgalarının dikey yayılma açısı, yalnızca 30 derecedir. Yani, yere yakın engeller, bu yolla algılanamaz. Aygıt ancak, kullananın çevresini daha iyi değerlendirmesini sağlar. Bu aygıtın 1975 yılındaki fiyatı 1 770 dolardı.





Görmeyenlerin çoğu, özel eğitim görmüş köpekler yerine bu uzun değneklerden yararlanır. Normal bastondan % 40 oranında daha uzun olan söz konusu değnek, yer düzeyinde ileri uzatılıp sağa sola sallanır.

A.B.D'li araştırmacılar, alışılmış değneği değiştirerek, bunun içine LAZER ışını yayınlayan üç kaynak yerleştirmişlerdir. Tutma bölümüne yakın bir noktada yeralan kaynakların birinden, yerdeki engelleri algılama amacıyla yere doğru, ikincisinden üç, dört adım ileriye doğru, üçüncüsünden ise, kullananın başını çarpmaması için yukarı doğru yönelen ışınlar yayınlanır. Lazer kaynaklarının yarım metre kadar aşağısında bulunan üç fotosel, bu ışınları değneğe doğru yansıtan engelleri algılar. Yerdeki apansız alçalmalar, sapın yakınındaki şiddetlendiriciden yükselen kalın bir sesle, başın çarpabileceği engeller ise, ince bir sesle belirtilir. Önde bulunan engeller, işaret parmağı altında bulunan bir düğmenin titreşmeye başlamasıyla bildirilir.

Değnek hafifçe sağa sola çevrilerek, ince lazer ışınının, bütün bölgeyi taraması sağlanır. A.B.D'nde seri olarak üretilen bu aygıtın 1975 yılındaki fiyatı 1 500 dolardı.

Endüstride kullanılan yardımcı gereçler: Mühendislik alanında çok duyarlı kalınlık ölçmelerinde yaygın olarak kullanılan MİKROMETRE'nin, görmeyenler için, parmaklarla okunan değişik bir modeli geliştirilmiştir. Bu aygıtta, gözle okunan ölçek yerine, kabartma ayar çizgileri ve birbirine bağlı iki döner silindir üstüne işlenmiş Braille sayıları bulunur. Aygıtla bir cismin kalınlığı ölçülürken, bulunan değer, ortadaki dönmeyen silindirin üstünde yeralan kabartma çizgiye dokunarak algılanır. Silindirler arasındaki dönme oranı 40:1'dir ve üstlerinde 0,25 mm duyarlıkla okumayı olanaklı kılan 25 ve 40 çizgi bulunur.

Cismin kalınlığı ölçülürken silindirlerin ileri geri hareket edebilmelerini sağlayan vidalı sistem, görmeyenler için yapılan aygıtlarda da korunmuştur. Bu sisteme göre üretilen mikrometreler, 15 cm büyüklüğündeki aygıtlardan, derinlik ölçen modellere, hattâ yüksek duyarlıklı açı ölçen aygıtlara kadar, bütün dallarda kullanılabilir.

GÖRSEL - İŞİTSEL AYGITLAR

Görsel-işitsel aygıtlar, okullardan endüstri kurslarına kadar bütün eğitim dallarında kullanılan ve düşünce alışverişinin daha etkili biçimde yapılmasını sağlayan gereçlerdir. Yeni anlatım ve eğitim yöntemlerine olanak tanıyan çeşitli modelleri vardır. Bunların bazıları bir öğretmen ya da eğiticinin denetiminde, bazıları da tek başına kullanılır.

En yalın, en eski görsel-işitsel aygıt, karatahtadır. Ancak, çağdaş eğitim anlayışı, bilgi verme yöntemlerinde değişiklikler yapılmasına yolaçmaktadır. Karatahtaya yazı yazmak zaman ister, öğrenme sürecini yavaşlatır ve etkili olabilmesi için öğretmenin uzman olmasını gerektirir. Karatahtanın hâlâ yaygınlığını korumasına karşılık, «*tepegöz*» adı verilen projeksiyon aygıtından yararlananların sayısı da günden güne artmaktadır.

Tepegöz: Bu, içinde güçlü bir ışık kaynağı bulunan ve üst yüzeyi saydam bir kutudan oluşan yalın bir aygıttır. Saydam yüzey üstüne, önceden hazırlanan şekil ya da modeller yerleştirilir; bazen de, ışıklı saydam yüzeyin iki yanında bulunan makaraların birinden ötekine sarılan saydam şerit üstüne yazı yazılır (bu yazı ancak özel kalemlerle yazılabilir). Saydam yüzey üstündeki şekil, bir MERCEK grubu ve ayna yardımıyla, aygıtın arkasında bulunan ekrana yansıtılır. Ayna ile mercek sistemi, aygıta bağlı bir kolonun üstünde yeralır ve hareket ettirilerek görüntü netleştirilir.

Tepegözün yararı, öğretmenin yüzünün öğrencilere dönük olması ve görüntünün, öğretmenin omzunun üstünden arkasına düşmesidir. Öğretmen, istediği şekli kolayca şeride çizebilir. Çeşitli konularda hazır çizilmiş şekiller de bulunur. Bazen saydam res-

min üstüne başka şekiller de yerleştirilerek, konunun daha ayrıntılı biçimde gösterilmesi sağlanır.

Saydam plastik tabakalardan oluşan modeller, izleyenlerin ilgilerini yitirmelerini önler. Sözgelimi, otomobil motorunun çalışması, dişlilerin birbirine geçme biçimi, bu tür şekillerle açıklanabilir.

Sinema makinaları: Tepegöz, en çok yararlanılan ders aracıdır; ama birçok okul ve eğitim kurumunda, sinema makinaları da sürekli olarak kullanılır. En yaygın makina türü 16 mm'liktir; ama son yıllarda 8 mm'lik ve geliştirilmiş «Süper 8» makinalar da bu alanda kullanılmaya başlanmıştır. 8 mm'lik makinalar daha ucuz, daha kullanışlı ve hafiftir.

Sinema makinaları genellikle karanlık bir salona yerleştirilir; hoparlörler ya makinanın yanında ya da perdenin yakınında bulunur. Evde ve küçük grupların eğitiminde kullanılabilecek daha küçük makinalar da yapılmıştır. Çanta biçimindeki bu makinaların üstünde, küçük ışıklı bir ekran bulunur ve filmin görüntüsü bu ekranın üstüne düşürülür.

Büyük makinaların filmi makaralara sarılır; küçük türlerdeyse kasetler içinde bulunur. Kasetler, filmi, parmak izinden ve tozdan koruyan plastik kutulardır. Bunlar kolayca takıldığından, kullanan kişinin bu konuda uzman olması gerekmez. Bu alandaki son yenilikler arasında, MAGNETİK BANT'lı 8 mm'lik filmler vardır. Bunlar, hem sesli bilgi verir, hem de film hızının denetlenmesini sağlar.

Projeksiyon makinası: Projeksiyon makinaları (slayt makinası), resimleri tek tek, sırayla gösteren aygıtlardır. Bunların üstünlüğü hafif, dayanıklı ve ucuz olmalarıdır. *Slayt*lar, çoğunlukla uluslararası standartlara (dış boyutları 5 × 5 cm) uygun biçimde üretilir. Bunların içindeki resim alanı ise, slaytın tam ortasında yeralan 24 × 36 mm'lik boşluktur. Başka amaçlarla kullanılmak için hazırlanmış daha büyük slayt türleri de vardır. Renkli slaytlar, günümüzde siyah–beyazdan daha çok kullanılmaktadır.

Hem film, hem de slayt gösterilerinin sesli olması istenir. Ses, çoğunlukla kasetli bir teybe mag-

Kapalı devre televizyon, Batı ülkelerinde, ilkokullarda bile yaygınlaşmaktadır. (sağda)

Kağıt şerit üstünde çeşitli bilgiler veren bir eğitim aracı. (solda üstte) Şerit üstündeki her bölümde, öğrencinin kavrama yeteneğini deneyen bir soru vardır. Yanıt olarak hangi tuşa basıldığına göre, şerit, ya bir bölüm ilerler ya da öğrencinin bilgisini yeniden sınaması için geri döner. Böylece ders, öğrenciye uygun hızla ilerler.

Bir okulun görsel-işitsel sisteminin bir bölümü. (solda altta) Eğiticilerin önceden hazırladıkları videoteypler, istenildiği zaman izlenebilir. Bunları kullanmak, alışılmış teypleri kullanmak kadar kolaydır. Öğrenci, istediği görüntüyü durdurabilir ya da istenilen bölümü yeniden izleyebilir.

Tepegöz adı verilen bu aygıt (üstte), özellikle çok yazı yazılmasını ya da şekil çizilmesini gerektiren derslerde, karatahta ve tebeşirin yerini alır. Saydam şeritler saklanarak, istenirse daha sonra yeniden gösterilebilir. Bir slayt gösterisini izleyen çocuklar. (altta) Gösteri, kasetli teyple seslendirilmektedir. Teypte kullanılan dört kanallı bandın iki kanalı sesi taşır; biri kullanılmaz; sonuncusunda ise 0,25 saniye süren ve slaytın değiştirilmesini sağlayan sinyaller bulunur.

netik olarak kaydedilir. Bu tür kasetlerde, iki kanallı dar bantlar kullanılır. Kanallardan biri söz, müzik ve efekti taşırken, ikinci kanal, slayt değişimini gerçekleştiren magnetik sinyalleri içerir. Daha gelişmiş modellerde, birinden gelen görüntü ötekinin üstüne düşecek biçimde yerleştirilen iki projektör, birbirine bağlanır. Resim değiştirme hızı, ikinci kanaldaki sinyallerle ayarlanır.

İki ayrı projektör, resimlere eşlik eden konuşmalar ve bunları yöneten kanal sisteminden sonra, daha çok sayıda projektör kullanma olanağı da doğmuştur. Hem görüntü, hem de ses yönünden ilgi uyandıracak sonuçlar veren bu sistemler, çok perdeli ve çok görüntülü, karmaşık gösterilerde kullanılır.

Televizyon ve videoteyp: TELEVİZYON tekniklerinin gelişmesi, görsel-işitsel alanda en önemli ilerlemelerden birinin gerçekleşmesini sağladı. Okullarda, üniversitelerde ve endüstride kapalı devre televizyonları kullanılır. Kapalı devre sistemlerinde kamera ile alıcı, doğrudan doğruya kablo ile birbirine bağlıdır. Bu yöntemin sinemadan üstünlüğü, sonuçların hemen görülebilmesi ve filmin banyo edilmesi gibi işlemlere gerek göstermemesidir.

İster siyah-beyaz, ister renkli olsun televizyon kameraları küçük, kullanışlı ve yalındır. Önemli olan programın hazırlanmasıdır.

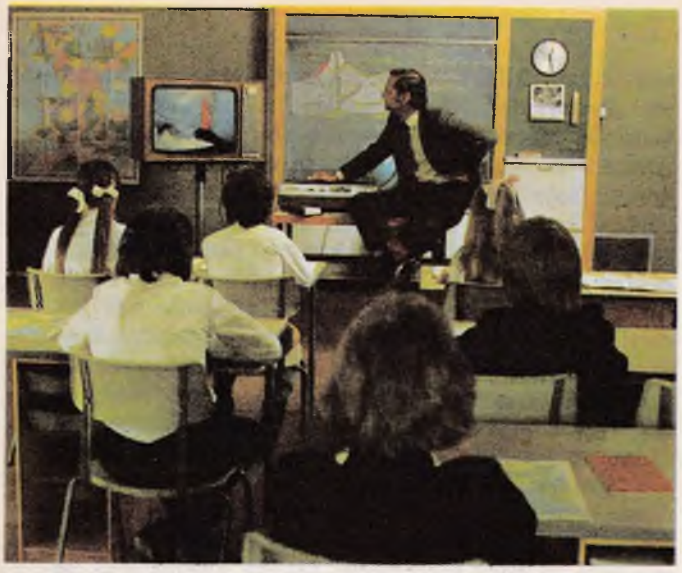
Kapalı devre televizyonlar, genellikle videoteype bağlanır ve televizyon kamerasının aldığı görüntü, tıpkı sesin TEYP'lere kaydedilmesi gibi, magnetik bantlara da kaydedilebilir. Profesyonel yayınlarda 50 mm'lik bantlar kullanılır; eğitim amacıyla ise, resim niteliği biraz daha düşük olan 25 ya da 12,5 mm'lik bantlar yeğlenir. Son gelişmeler, resim ile birlikte, sesin de 6 mm genişliğinde bir bant üstüne kaydedilebileceğini göstermiştir. Bu genişlik, evlerde kullanılan kaset bantlarının genişliğidir.

Videoteyp aygıtının, kapalı devre televizyon ile birleştirilmesi, çok yararlı bir görsel-işitsel araç sağlar. Bir deneme dersinin hemen izlenebilmesi, öğrencilerin kendi davranışlarını incelemelerine olanak tanır. Gösteri ve konferanslarda da kamera, ancak birkaç kişi tarafından izlenebilecek olan deneyleri, geniş bir izleyici kitlesine gösterir.

Üniversitede her zaman sergilenecek bir deney söz konusu olmayabilir; ama dersi verenin daha iyi bir anlatım sağlaması için, derslerin bazen önceden banda alınması yararlı olmaktadır. Ayrıca, aynı bant istenildiği kadar çalınabildiğinden, aynı dersin farklı sınıflarda birçok kez anlatılmasına gerek kalmaz.

Birçok ülkede, eğitim amacıyla radyo ve televizyon yayınlarından yararlanılır. Sözgelimi, bu yolla yabancı dil dersleri verilebilir. Bazı ülkelerde ulusal radyo ve televizyonların yayınlarını izleme yoluyla, üniversite eğitimi görmek bile olanaklıdır.

Gittikçe gelişen bir yöntem de videokasetlerin yaygınlaşmasıdır. 12,5 ve 18 mm'lik bantlar içeren kitap büyüklüğündeki bu kasetler, siyah-beyaz ya da renkli olabilir ve bir saat süreyle oynatılabilir. Ka-



Video kasetler, program saklamanın en uygun yöntemlerinden biridir. (üstte)
35 mm'lik slaytın, ince bir magnetik diskle birlikte takılmasını sağlayan yeni bir aygıt. (altta) Magnetik diske 35 saniye süren ses ve slayt değiştirme sinyalleri kaydedilebilir. Ama bu sistem için, özel olarak geliştirilmiş göstericiler gerekir.

yıt yapmak da, alışılmış teyplere ses kaydetmek kadar kolaydır. Bir oynatıcı birim, kasetteki filmin televizyon ekranında izlenmesini sağlar.

Bu tür kasetler endüstride, özellikle satış ve haberleşme alanında, yaygın olarak kullanılır.

GÖRÜNTÜ EFEKTLERİ

«Görüntü efektleri», sinemayla ilgili görüntülerin üretiminde kullanılan ve çok sayıda teknik içeren geniş kapsamlı bir terimdir. Bu terim ilk kez 1926'da Hollywood'da çevrilen *What Price Glory?* (Zaferin Fiyatı Nedir?) adlı filmde Louis Witts'in yaptığı efektler sonucu ortaya atılmıştır. Görüntü efektleri iki ana gruba ayrılabilir: *Görsel* ya da *optik* efektler; *fiziksel* ya da *mekanik* efektler. Görsel efektler, fotoğrafçılık işlemleriyle yapılır. Fiziksel efektlerse, patlamalar, otomobil çarpışmaları gibi olayları içerir.

Tarihçe: Fotoğraf hilesi, sinema kadar eskidir. İlk filmlerin çoğu film hileleriyle yapılırdı. Sinema, ilk ortaya çıktığı 1895 yılından on yıl sonra bile, bir yenilik olarak kabul edilirdi. Bu yüzden, söz konusu dönemin film yapımcıları, teknik açıdan yenilikler getiren filmler yapmaya çalışmışlar ve böylece, günümüzde de kullanılan birçok efektin öncüsü olmuşlardır.

İlk hileli filmlerde en çok adı geçen kişi, Fransız Georges Méliès'dir. Bir süre gözbağcı (illüzyonist) olarak çalışan Méliès, 1895'te Paris'te, LUMİÈRE kardeşlerin bir perde üstüne ilk kez hareketli resimler düşürme gösterisini izledi. Bu gösteriden çok etkile-

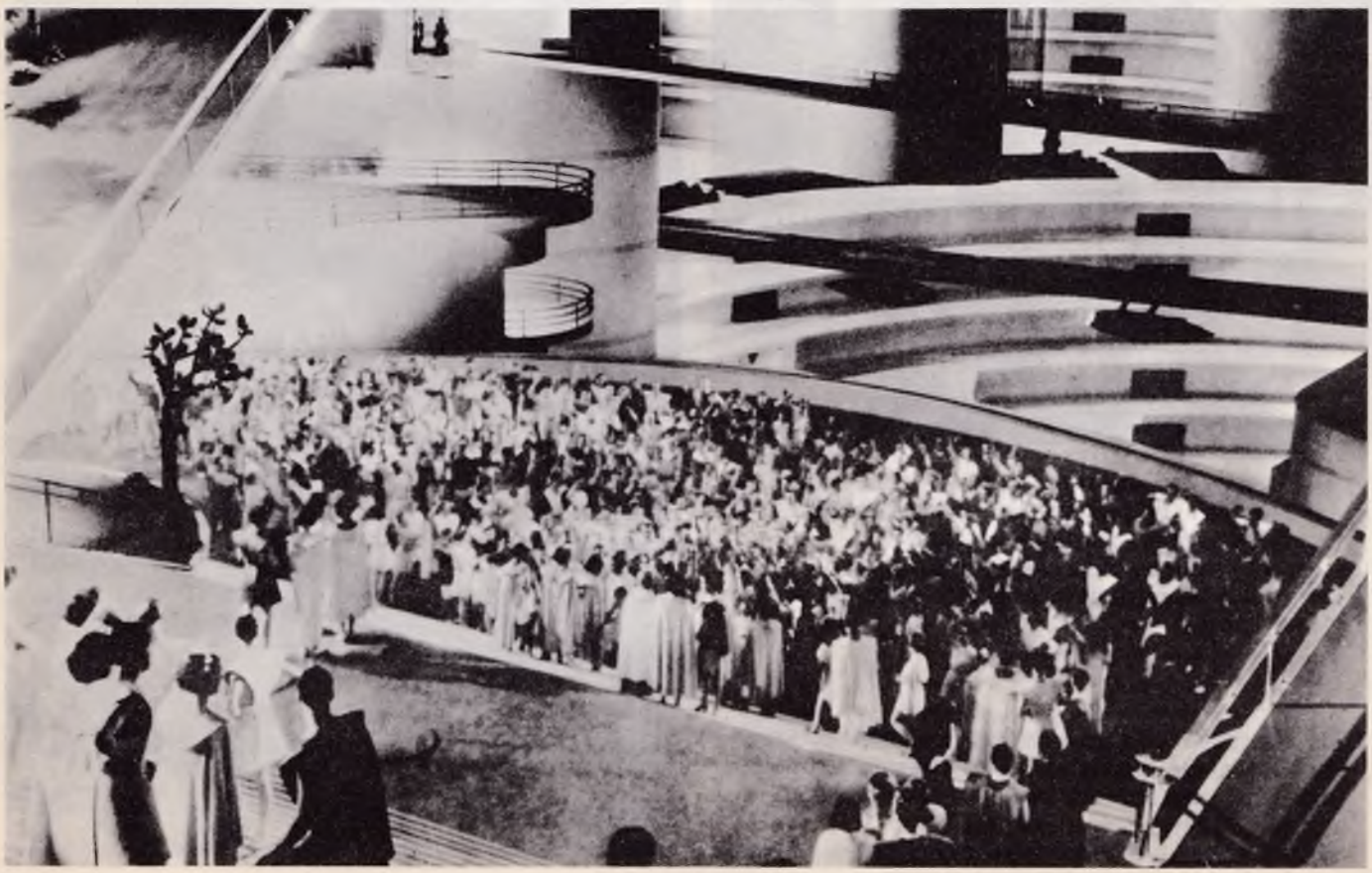
Görüntü efektli filmlerin en ünlülerinden biri, 1933'te yapılan «King Kong»dur. Bu film birçok efekt tekniğinin kaynağını oluşturur. King Kong'un altı tane bütün modeli, bir tane de 6 m'lik büstü yapılmıştır. Büst ayı postuyla kaplanmıştır. (altta)

nerek kendi de film yapmaya karar verdi. Filmlerin de birçok gözbağcılık tekniği kullanmasının yanı sıra, kesinti (jump cut), yavaş ve hızlı hareket, geçme (zincirleme), kararma, üst üste çift pozlama, üst üste çok pozlama gibi sinema tekniklerine öncülük etti. Amerikalı öncülerden Edwin S. Porter, Méliès'den etkilenerek, Edison şirketi için çok sayıda hileli film yaptı. 1903'te ilk konulu filmi, yani *Büyük Tren Soygunu*'nu (The Great Train Robbery) çevirerek, hileli film çağının sona erdirilmesine yolaçtı. Efekt hilelerinin sessiz filmlerde kullanılması sürdü; ama artık başlı başına bir amaç olarak değil, yalnızca görüntüyü tamamlama amacıyla bunlardan yararlanılıyordu. 1920'lerde izleyiciler, herhangi bir görüntü efektinin kullanıldığını sezince kızar ve perdede gördüklerinin gerçek olduğunu sanmak isterlerdi. Model ve çift pozlama kullanımı, yıllar boyunca seyirci tarafından kopya çekmek olarak kabul edildi. Görüntü efektlerinin, *Görünmez Adam* (The İnvisible Man) dizilerinde olduğu gibi, açıkça kullanılmasının yeniden kabul edilebilir bir duruma gelmesi, ancak 1930'larda, fantezi ve kurgu-bilim filmlerinin yaygınlaşmasıyla gerçekleşti.

Fotoğraf hilesi: Fotoğraf hilesinin temel teknikleri, sinema filminin özelliklerinden yararlanılarak geliştirilmiştir: Her film karesi, perde üstünde bir saniyeden kısa bir süre için görünür ve bu görüntülerin insan gözünde bir süre silinmeden kalması sonucu, sürekli bir hareket kanısı uyandırır. Sözgelimi «*kesinti*»de, kamera durdurulur ve filme çekilen sahnede bir değişiklik yapılır (bir aktör sahneden çıkabilir ya da gerçek bir dekor yerine sahte bir dekor yerleştirilir). Bu işlem iyi uygulanır, kamera yerinden oynamaz ve ışıklandırma değişmezse, insan gözü, hareketin sürekli olduğunu sanarak aldanacaktır. *Geçmeler* ve *kararmalar* günümüzde laboratuvarda yapılmaktadır. Ama eski günlerde (ve modern amatör yapımcılıkta) kamerayla yapılmaktaydı. Pozun azaltılmasıyla, bir sahne yavaş yavaş kararтılır, film geriye sarılır ve öteki sahne, pozun sıfırdan başlanarak artırılmasıyla çekilir. Böylece bir sahnenin, ötekine dönüştüğü kanısı yaratılır.

Hızlı ya da yavaş hareketler, filmin kamerada normalden yavaş ya da hızlı çevrilmesiyle elde edilmektedir. Saniyede 12 kare hızla çekilmiş bir film, saniyede 24 kare hızla perde üstüne düşürülürse, çekim hızından iki kat hızlı görünecektir. Gerçek YÜKSEK HIZ FOTOĞRAFÇILIĞI özel olarak yapılmış

Ayna çekimi, modeller ile canlı hareketi birleştirme amacıyla 1920'lerde kullanılmaya başlandı. 1935'te çevrilen «Things to Come» adlı filmde, gerçek insanlar ve bir ön plan modeli kullanılıyor, arka plan görüntüsü ise, kameraya yakın bir aynaya yansıtılıyordu.



kameralar ve perdeler gerektirir ve çok yavaşlatılmış hareketler verir.

Küçük bir diyafram açıklığı kullanılıp, kameranın hem yakın, hem de uzak cisimleri netleştirme özelliğinden yararlanılarak da bazı hileler yapılabilir: Kameranın yakınına konan bir dinozor modeli, daha uzaktaki bir insandan çok daha büyük görünür.

Efekt bölümleri: Ayrı görüntü efekti bölümleri kurma düşüncesi, ilk olarak 1920'lerde, stüdyoların çok büyümesi sonucu film yapımcılığının çeşitli yönlerinin ayrıldığı sırada ortaya atıldı. Daha önce, optik efektler kameramanın denetimi altında gerçekleştirilir, fiziksel efektler de dekorcular tarafından hazırlanırdı. Efekt bölümlerinin kurulması, bu uzmanlık dalının gerekli bilgi birikimini oluşturduğunu gösteriyordu. Hollywood'da yapılan filmler, özellikle 1930'larda yüksek bir niteliğe ulaştı. Ama 1960' larda stüdyo yapımlarından uzaklaşma eğilimi ortaya çıkınca, birçok bölüm kapatıldı ve efektörler (efekt elemanları) ya bir kenara çekilmek ya da kendi hesaplarına çalışmak zorunda kaldılar. 1970' lerin ortasında, *Deprem* (Earthquake) türü filmlerin yaygınlaşmasıyla, yeniden eski tekniklerden yararlanılmaya başlandı. Hollywood'un emekliye ayrılmış birçok efekt uzmanı geri çağrıldı.

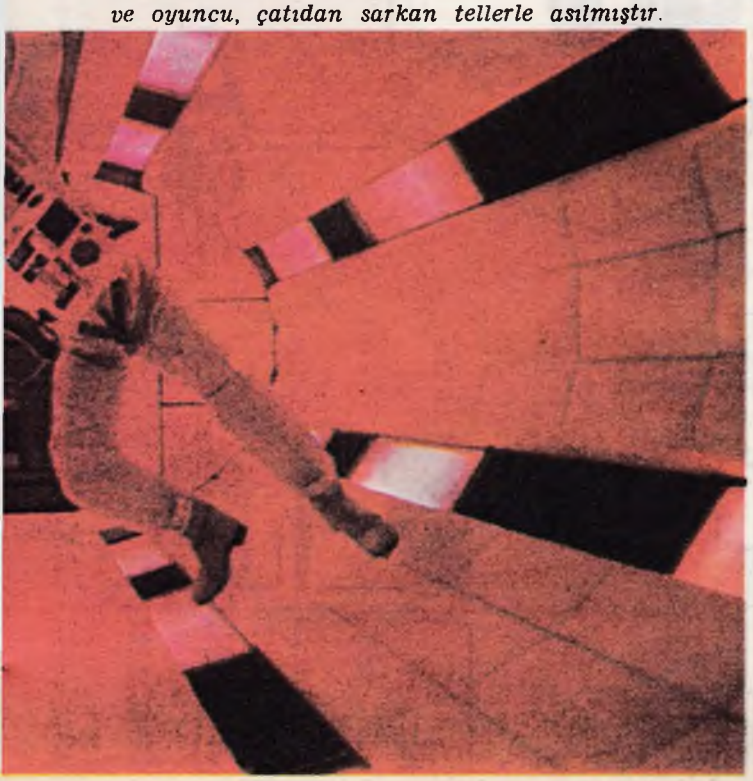
Optik efektler: Hareketli filmlerde kullanılan optik efektlerin çoğu, XIX. yüzyıl fotoğrafçıları tarafından bulunmuştur. Bunlardan biri, *cam çekimi*dir: Kameranın önüne, üstüne resim yapılmış bir cam yerleştirilir. Camdaki resim, çekim sırasında gerçek sahneyle birlikte filme alınır. Bir başka eski teknik de, «*mat çekimi*»dir. Bu teknik, iki ayrı görüntü bileşenini, aynı sahnenin parçaları olduğu kanısını uyandırma amacıyla, tek bir film karesi üstünde birleştirmeye dayanır. Bir karton parçasının istenen biçimde kesilerek kamera merceğinin önüne yerleştirilmesiyle, sahnenin istenmeyen bölümünün kapatılması, böylece de filmin her karesinin yalnızca bir bölümüne poz verilmesi sağlanır. Kartona «*mat*» denir. Bundan sonra, film geri sarılarak, yeni sahne çekilir. Ama bu kez, her film karesinin daha önce poz verilmiş olan kesimi, «*kontr mat*» denen bir kartonla kapatılır. Sonuç «*çift pozlama*»dır. Sessiz film kameramanlarında, kameranın önüne takılan bir *mat kutusu* bulunurdu. Bu kutuda bulunan değişik şekillerdeki *mat*larla, günümüzde laboratuvarda optik basım araçlarıyla elde edilen optik efektlerin çoğu sağlanırdı (Bk. SİNEMA FİLMİ YAPIMI).

Alttaki ünlü sahnede, aktris Fay Wray'in 2 metre 40 santimetre yüksekliktekı mekanik bir kolun üstündeyken filmi çekilmiş ve film daha sonra, maket Kong'un ve maket pteranodonun yeraldığı mat çekimi yöntemiyle, tek tek film karelerine geçirilmiştir.

*Mat çekimi*nin bir başka biçimi de, mat boyamadan yararlanmaktır. Bunda, bir sahnenin istenmeyen kesimleri maskelenerek çekim yapıldıktan sonra, kısmi çekim yapılmış olan film şeridi, titreşimi önleme amacıyla çok ağır olan başka bir kameraya aktarılır. Bu yeni kamera, siyah bir camın önüne konmuştur. Çekilmiş olan filme eklenecek olan bölüm, bir ressam tarafından bu camın üstüne çizilir (mat resimler genellikle, sıradağlar ya da kent ufukları gibi, fon niteliğindedir). Bundan sonra, resim filme alınır. Camın resimsiz bölümleri, kontr mat işi görür. Mat çekimi tekniğinde daha sonra ortaya çıkan bir gelişme de «hareketli mat»tır. Ön planda yeralan bir görüntünün hareketli bir fona göre hareket ederken gösterilmesi gibi durumlarda, mat, her film karesiyle birlikte hareket eder ya da biçim değiştirir. Bunu elde etmenin bir yolu, matı ve kontr matı, karton filmlerde olduğu gibi, her karede elle çizmektir (ve en az o kadar zaman alır). En iyi sonucu bu yöntem verir. *2001: Uzay Yolu*'nun (2001: A Space Odyssey) yapımında bu yöntem kullanılmıştır. Ne var ki, daha ucuz ve daha hızlı bazı fotoğraf yöntemleri de vardır. Bu tekniklerin çoğunda, renkli filmlerin ışığa duyarlı tabakalarından yararlanılarak «otomatik» matlar yaratılır. *Mavi fon sistemi* böyle bir işlemdir. Bunda, ön plandaki görüntü normal beyaz ışıkla aydınlatılır ve maviye boyanmış bir kumaştan ya da geriden aydınlatılan saydam mavi bir perdeden oluşan mavi bir fon üstünde normal negatif filme çekilir. Fonun rengi ve aydınlatma şiddeti ayarlanarak, renkli negatif filmin yalnızca maviye duyarlı olan tabakası üstünde, ön plandaki herhangi bir cisimden daha koyu bir görüntü çıkarılır. Bundan sonra, bir ön plan matı üretmek için, bir dizi laboratuvar basım işlemi yapılır. Renkli filtrelerle poz verilen siyah-beyaz filmlerin de kullanıldığı bu işlemler sonucu, renkli negatife kaydedilmiş mavi fonun biçimine uygun olan, saydamsız bir bölge ortaya çıkarılır. Bu mattan, bir kontr mat yapılabilir. Kontr matta mavi fon saydam, ön plandaki sahne ise ışık geçirmez olur. İki görüntü, iki katın birden kullanılmasıyla, bir optik basım aracıyla tek bir negatif üstünde birleştirilir.

Ayrı ayrı filme alınmış ön plan ve arka plan sahnelerini birleştirmenin bir başka yolu da *arkadan* ya da *geriden projeksiyon*dur. Geriden projeksiyonda oyuncular, yarısaydam bir perdenin önünde dururlar. Arkadan, perde üstüne arka plan sahnesi düşürülür. Arka plan sahnesini perdeye düşüren film makinası ile kamera eşzamanlanır. Böylece her arka plan karesinin perdeye düştüğü anda, kameranın perdesi de açılır. Bu tekniğin daha yeni bir türü *önden projeksiyon*dur. Önden projeksiyonda arka plan sahnesi, kamera ile aynı bakış doğrultusu üstünde bulunan özel bir perde üstüne düşürülür. Bunu yapmak için, kamera objektifi önüne 45° açıyla yarı sırlanmış bir ayna yerleştirilir. Ayna, arka planı gösteren makinadan gelen görüntüyü perdeye yansıtır. Makina, kamera ile aynı görüş doğrultusu üstünde bulunduğundan, oyuncuların çevrelerinde hiç

Birçok filmde kentlerin, geniş ölçüde yıkıma uğraması gerekir; ama bunun için gerekli olan modeller çok küçük olabilir. Resimlerdeki (üstte solda ve sağda) bu modeller, Tolstoy'un BBC tarafından çekilen «Savaş ve Barış»ı için yapılmıştır ve Moskova'nın yanışını göstermektedir. Kameranın bakış açısından bakıldığında çok sayıda ev varmış gibi görünse de (üstte sağda), aslında, üstte soldaki çekimde görüldüğü gibi, yalnızca birkaç tane model bulunmaktadır. «Bir anlık Moskova» yaratmanın bir başka yolu. (solda) Burada bir cam ressamı, bir ufuk çizgisi resmi çizmektedir. Bu resim daha sonra, bir ön plan sahnesiyle birleştirilecektir. Son yılların en başarılı efekt filmlerinden biri, «2001: Uzay Yolu» idi. Sahnelerin birinde, bir oyuncu, dev bir bilgisayarın beyin merkezinden ağırlıksız olarak geçer. (altta) Yatay görünen bu sahne, gerçekte aşağıdan çekilmiştir. Düzenek, üç katlı bir bina yüksekliğindedir ve oyuncu, çatıdan sarkan tellerle asılmıştır.



bir gölge belirmez; oyuncuların gövdeleri ise, kendi bölgelerini tam olarak kapatır. Perde üstündeki yansıtıcı madde, milyonlarca cam boncuktan oluşur. Bunların her biri, optik bakımdan kusursuz bir yansıtıcı işlevi görür. Sistem, üstüne düşen ışık doğrultusunda çok etkili bir yansıtma yaptığından, kullanılan ışığın çok güçlü olması gerekmez. Arka plan görüntüsü, oyuncuların da üstüne düşer, ama onların gövdeleri iyi bir yansıtıcı olmadığından, görüntü ortaya çıkarmaz.

Maketler ve *modeller* de optik efektler sınıfına katılır. Çok geniş yıkımların sahnelendiği durumlarda maket binalar ya da bütün bir kentin maketi kullanılır. *Deprem* (Eearthquake) ve *Yangın Kulesi* (The Towering İnferno) gibi yeni filmlerde, maketler çok önemli roller oynamıştır. Savaş filmlerinde de sık sık, maket gemi ve uçaklar kullanılır: *Hücum, Hücum, Hücum* (Tora! Tora! Tora!) filminde, hem Japon, hem de A.B.D. donanmaları bütünüyle maketlerden oluşturulmuştur. Filmlerde kullanılan gemi maketlerinin boyu 90 cm ile 15 m arasındadır. Büyük maketlerin çekimi denizde yapılır; küçüklerinkiyse, stüdyolardaki havuzlarda gerçekleştirilir.

Mekanik efektler: Mekanik efektler, bir duvarda bir kurşun deliğinin belirmesini sağlamaktan, bütün bir binayı havaya uçurmaya kadar değişebilir. Fiziksel efekt yapımcıları, yazarın senaryoya kattığı her türlü efekti üretmeye hazır olmalıdırlar. Son yıllarda gerçekleştirilen başlıca fiziksel efektler, yangın ve patlama gibi şiddet ve yıkım efektleridir. Yaralanma, kurşun yarası, bıçak yarası ve şişlenme gibi yaralar içerir. Kurşun yaraları, oyuncunun giysileri altına saklanan küçük bir patlayıcı maddeyle sağlanır. Genellikle bu patlayıcıya, içinde yapay kan bulunan bir plastik kutu iliştirilir. Patlayıcı madde, ya oyuncu tarafından ya da uzaktan radyo kumandasıyla patlatıldığında, giyside küçük bir delik açarak yapay kanı akıtır. Böylece oyuncunun yaralandığı kanısı uyandırılır. Bıçakla yaralanma sahnelerinde reçineden yapılmış ve metal boyayla boyanmış bıçaklar kullanılır. Bıçak sapının içine doldurulmuş olan yapay kan, sapın sıkılmasıyla, bıçak ağzında bulunan kanallardan dışarıya akıtılır. Ok ve mızrakların hedefini bulmasıysa, ince tellerle sağlanır. Telin bir ucunda mantar kaplı metal bir levha bulunur; oyuncu, bunu kendi üstüne takar. İçi boş bir ok ya da mızrak, kameradan uzakta bulunan ve hava basıncıyla çalışan araçlarla, tel boyunca fırlatılır.

Çok büyük patlama ve yangınlar isè, usta bir patlayıcı madde uzmanı olması gereken efekt uzmanlarının gerçekleştirdiği gösterişli işlerdir. Hollywood'da bunların, devletçe onaylanmış bir kurstan geçmeleri ve bir sınav vermeleri istenir. Yangın efektleri de, özellikle yanan insanlar gösterilecekse, en az bu kadar tehlikeli olabilir. Yanan bir insan efekti sağlamanın en tehlikesiz yolu, oyuncunun ateşe dayanıklı bir giysi giymesidir. Giysinin altına küçük bir gaz memesi iliştirilir. Gaz ateşlendiğinde, oyun-

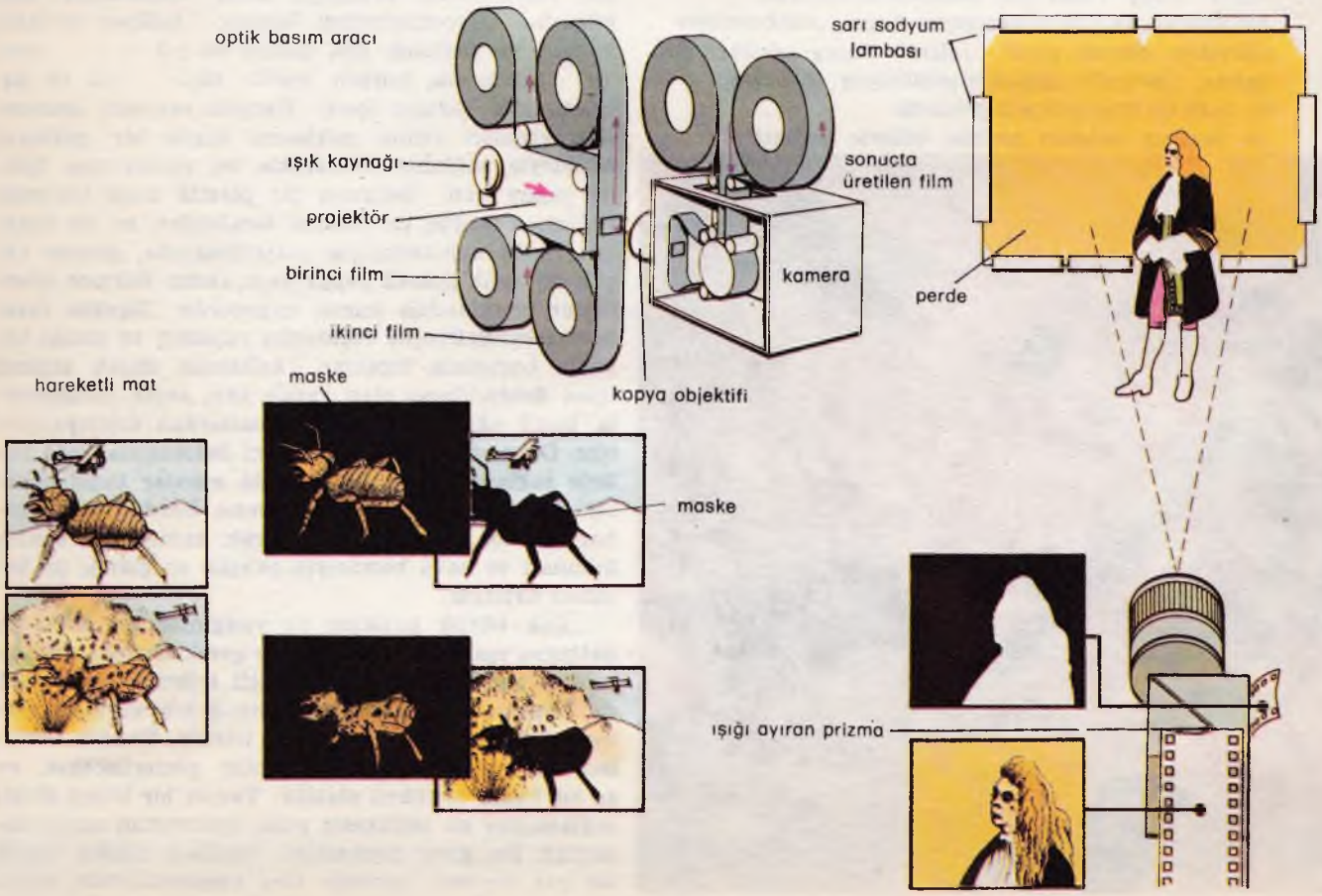
cunun giysisinin bir bölümü yanıyormuş gibi görünür; ama alevler, gaz kesilince yok olur. Başka bir yöntem de, dublöre, üstüne alkol sürülmüş koruyucu bir giysi giydirilerek, alkolün ateşlenmesidir. Yanan alkol, alev ile giysi arasında bir buhar duvarı oluşturur. Bütünüyle alevler içinde kalması gereken dublörler ise, iyice yalıtılmış, asbest giysilerle korunur.

Bina yangını sahneleri için efekt uzmanları özel bir aygıt geliştirmişlerdir. Bu aygıt, 30 metre yüksekliktekı yakma memelerine gazyağı pompalayabilen bir pompadan ve bir motordan oluşur. Açık pencerelere ve çatıya yerleştirilen yakma memeleri, aygıt çalıştırıldığı zaman binanın alevler içinde kalmasını sağlar; ama gerçekte bina hiç bir zarar görmez. Efekt uzmanları yangın sahneleri için gazyağı kullanmayı yeğlerler; çünkü gazyağının, hem fiyatı petrol ve benzinden daha ucuzdur, hem de çevreye dökülüp yangın çıkarma tehlikesi daha azdır. «Gerçek» alevler film üstünde genellikle saydam göründüklerinden, yakıt karışımlarına renklendirici maddeler karıştırılır.

Modelin animasyon çekimi: Görüntü efektlerinin bu özel biçimi, öteki efekt tekniklerinin çoğu gibi, sinemanın ilk günlerine kadar uzanır. Söz konusu teknikten yararlanan ilk filmlerden biri, 1897'de Amerika'da Vitagraph şirketi tarafından yapılmıştır. *Humpty Dumpty Circus* (Humpty Dumpty Sirki) adlı bu film, ağaçtan yapılma oyuncak hayvanları canlandırıyordu. 1907'de Edwin S. Porter, yedi tane tüylü oyuncak ayıyı canlandırmak için, bir hafta boyunca günde 12 saat çalıştı. Sonunda *The Teddy Bears* adıyla ortaya çıkan film, yalnızca birkaç dakika sürüyordu; ama o zaman için büyük bir başarıydı. Model animasyonu *tek kare çekimi*yle elde edilir. Her film karesi için model elle ayarlanır: Perdedeki bir saniyelik bir hareket için, modelin 24 kez ayarlanıp fotoğrafının çekilmesi gerekir (film kameraları ve makinaları saniyede 24 kare hızla çalışır). Yöntemin bu kadar uzun ve zaman alıcı olmasının nedeni budur. Bu alandaki en güçlü kişi Willis H. O'Brien'dir. O'Brien, *The Lost World* (Kayıp Dün-

---

Ön plandaki bir sahne, hareketli bir fon üstünde gösterilmek istendiğinde, hareketli matlar kullanılır. Ya elle ya da mekanik olarak birbirini tamamlayan iki tane maskeli film üretilir ve optik bir basım aracıyla birleştirilir. Bu amaçla yararlanılan yöntemlerden birinde, olayın geçtiği yerin arkasına bir perde yerleştirilerek, sarı sodyum ışığıyla perde aydınlatılır. Prizmalı bir kamera, ışığı ikiye ayırarak birini normal bir filme, ötekini de sarı ışığa duyarlı bir filme gönderir. Böylece ön plan ve arka plan ayrı ayrı filme alınır.



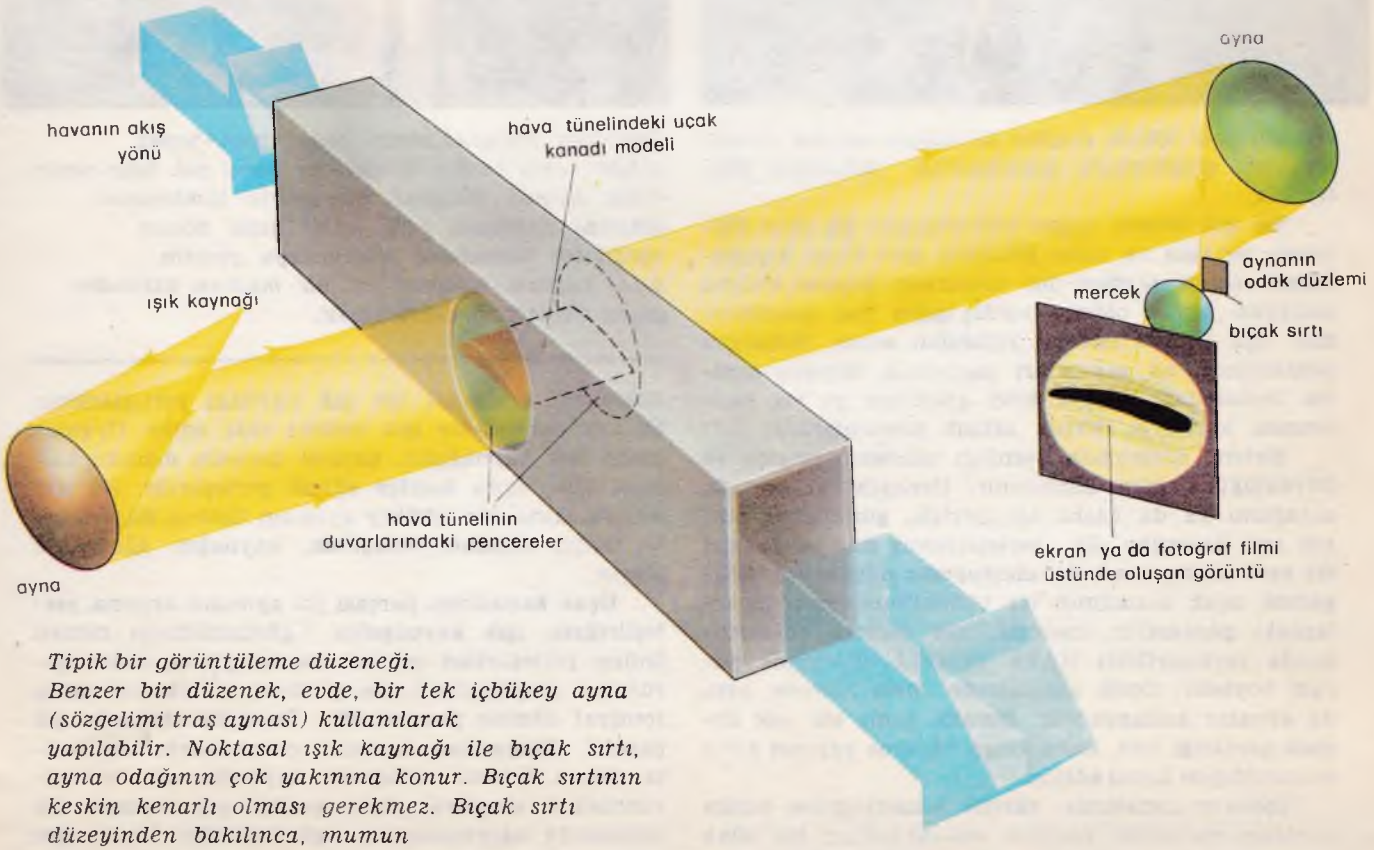
ya) ve *King Kong* gibi filmlerde, model animasyonu ile canlı hareketi birleştiren ilk kişidir. Bu, genellikle, arkadan projeksiyonun bir başka biçimi olan «*maket projeksiyon*» sistemiyle elde edilir. Maket perde çalışmasında, perdenin önüne, ölçekli modellerin bulunduğu sahne yerleştirilir; sonra, perdenin üstüne hareketli filmin bir karesi düşürülerek, fotoğrafı çekilir. Modeller yeniden ayarlanır ve arkadaki perdenin üstüne, filmin ikinci karesi düşürülerek, ikinci fotoğraf alınır. Bu işlem iyi yapılırsa, modeller ile hareketli film bütünleşir. Sonuçta ortaya çıkan filmde, bir adamın dev bir dinozor tarafından kovalanması gibi görüntüler elde edilir; ama gerçekte, model dinozorun boyu, yalnızca birkaç santimetre kadardır.

GÖRÜNTÜLEMEYE YARDIMCI TEKNİKLER

Bilim ve mühendislik alanında, sık sık, gözle ya da fotoğraf yardımıyla doğrudan doğruya incelenmeleri çok güç olan renksiz, saydam ve ışıksız cisimlerle karşılaşılır: Uçak kanatlarındaki ya da türbin kanatlarındaki hava akışı; doğal taşınım (konveksiyon) sorunları; sıvı ve gazların karışması; pencere camlarında bulunan kusurlar; vb.

Bu gibi durumlarla ilgili olaylar çoğunlukla, incelenen bölgenin *kırılma indisi*nde (saydam bir ortamın ışığı kırma özelliği) değişikliklere yolaçar. Söz konusu değişiklikler, ışık geçirgenliğini etkilediklerinden, buna göre geliştirilmiş gözlem ya da fotoğraf yöntemleriyle görünür hale getirilebilirler. Bu amaçla kullanılan birçok yöntem arasında en sık uygulananı, ilk kez Almanya'da, üretim yöntemleri yü-

Uzaydan dönüşte, Dünya atmosferine girişte kullanılmak için geliştirilen kanatsız uçağın 28 cm'lik bir rüzgar tünelinde çekilmiş renkli Schlieren fotoğrafı. (üstte) Uçağın biçimi, yukarı itici kuvvet oluşturmaktadır.



Tipik bir görüntüleme düzeneği. Benzer bir düzenek, evde, bir tek içbükey ayna (sözgelimi traş aynası) kullanılarak yapılabilir. Noktasal ışık kaynağı ile bıçak sırtı, ayna odağının çok yakınına konur. Bıçak sırtının keskin kenarlı olması gerekmez. Bıçak sırtı düzeyinden bakılınca, mumun üstündeki hava akışı görülebilir.

Schlieren fotoğraflarının çoğu siyah–beyaz çekilir; ama renkli fotoğraflar daha çok bilgi verir. Üstte soldaki fotoğraf, bir ispirto lambasının üstünde dakikada 1 200 devir hızla dönen vantilatör kanadının oluşturduğu girdabı, üstte sağdaki fotoğraf ise, bir mumun üstünden geçen mermiyi göstermektedir.

zünden cam içinde çizgiler biçiminde oluşan düzensizlikleri araştırmada yararlanılan *Schlieren* yöntemidir.

Bir ışık demeti, ışığın doğrultusuna dik olan düzlemde yeralan ve tıpkı PRİZMA gibi indis değişiklikleri içeren saydam bir ortamdan geçerse, kırılma indisinin büyük olduğu yerde, ışığın hızı azaldığından, ışık demeti normal yolundan sapar. Schlieren yönteminde, bu sapmaları saptamak, böylece kırılma indisindeki değişiklikleri gözlemek ya da kaydetmek amacıyla, birçok teknik kullanılabilir.

Sistem, gözlenmek istenilen olayların cinsine ve büyüklüğüne göre düzenlenir. Deneyin iki boyutlu olduğunu ya da başka bir deyişle, gözlenecek olayın ışık demetine dik yerleştirilmiş düz ve paralel iki cam levha arasında oluştuğunu düşünelim. Sözgelimi, uçak kanadının bir bölümünün, yan duvarlardaki pencereler arasında, ışık demeti doğrultusunda yerleştirildiği HAVA TÜNELİ deneyinde durum böyledir. Optik sistemlerde hem mercek, hem de aynalar kullanılabilir. Burada geniş bir ışık demeti gerektiği için, daha kolay ve ucuz yapılan ayna kullanıldığını kabul edelim.

İçbükey aynalarda, eksene paralel gelen bütün ışınların birleşerek görüntü oluşturdukları bir odak noktası vardır. Sistem tersine çevrilir, yani odak noktasına, noktasal bir ışık kaynağı yerleştirilirse, bu kez paralel bir ışık demeti elde edilir. Uygulamada ışık kaynağının, paralel demetin dışında kalması için, ayna hafifçe eğimli yerleştirilir. Bu ışık demeti, ikinci bir içbükey aynanın üstüne düşürülürse, ikinci aynanın odağında, kaynağın görüntüsü oluşur.

Uçak kanadının parçası iki aynanın arasına yerleştirilirse, ışık kaynağının görüntüsünün hemen önüne yerleştirilen mercek yardımıyla kanadın görüntüsü oluşturularak, bu görüntü, bir ekrana ya da fotoğraf filmine yansıtılabilir. İki ayna arasında ışık paralel olduğundan, kanadın çevresindeki her nokta, ikinci aynanın odağında kaynağın ayrı bir görüntüsünü oluşturur. Işık, geçtiği yol boyunca bir değişikliğe uğramazsa bu görüntülerin tümü aynı noktada birleşir. Ancak, kanadın çevresinden akan

havanın yoğunluğu ile basıncı değiştiğinden, kırılma indisi de değişir ve bazı ışınlar hafifçe saparak, ötekilerle aynı noktada kesişmez. Buna karşılık mercek, ışık kaynağına değil, kanat parçasına odaklandığından, bu ışınların da normal görüntüsünü oluşturur.

Işınlar saptıkları, bu sapma da, merceğin önündeki görüntüde değişikliklere yolaçtığı için, söz konusu değişiklikler gözlenebilir. «*Bıçak sırtı*» adı verilen keskin bir kenar, sapma olmadığı zaman ışığın büyük bölümünü bir ekrana düşürecek biçimde, ikinci aynanın odağına yerleştirilir. Bu durumda, ışığın şiddeti biraz azalır. Işık herhangi bir yana saptığı zaman, bıçak sırtı tarafından ya bütünüyle engellenir, ya da bütünüyle, zayıflamadan geçer. İlk durumda kanadın belirli bir noktadaki görüntüsünün parlaklığı azalır; ikinci durumdaysa artar. Böylece ışığın, kanadın üstünden geçerken uğrayacağı en küçük sapma, kendini daha karanlık ya da aydınlık bir bölge biçiminde belli eder. Bu düzenekte küçük, dikdörtgen biçimli bir ışık kaynağı kullanılmaktadır. Bıçak sırtı yerine, çeşitli renklerde şeritlerden oluşan bir optik filtre kullanılırsa, ışınların sapması, görüntünün filtre üstündeki başka bir banda kaymasına ve ekranda gözlenen ışığın renginin değişmesine yolaçar.

Uygulamalar: Işık kaynağı olarak DEŞARJ TÜPÜ ya da sinyal LAZER'leri kullanılarak, Schlieren fotoğrafları için saniyenin milyonda birinden daha kısa poz süreleri elde edilebilir. Hareketli resimler için birçok yöntem kullanılır. Bu yöntemler yardımıyla, patlamalardan sonra oluşan ses dalgaları ya da çok hızlı hareket eden mermilerin oluşturduğu şok dalgaları gibi apansız değişiklikler incelenebilir. Söz konusu yöntemler, incelenmek istenen olayda değişikliğe yolaçmazlar. Alışılmış sistemlerdeki aynaların çapı, 30 cm - 1 metre arasında değişir.

OPTİK ÖĞE ÜRETİMİ'nde kullanılan ve *Foucault deneyi* diye nitelendirilen benzer bir sistemle, yalnızca havanın kırılma indisi değil, aynaların niteliği de ölçülür. Aynanın yüzeyindeki kusurlar, kullanılan ışığın dalgaboyundan daha küçük bile olsalar, kolayca fark edilen değişikliklere yolaçarlar.

GÖRÜNTÜ YOĞUNLAŞTIRICI

Görüntü yoğunlaştırıcı, optik görüntüyü elektronik olarak şiddetlendiren, bir doğrudan gözleme aygıtıdır. Görüntü yoğunlaştırıcılar, birçok uygulama alanı yanında, tıpta teşhis amacıyla röntgen görüntülerinin şiddetlendirilmesinde, gökbilimde teleskopların odaklarındaki çok zayıf görüntülerin kaydedilmesinde, özellikle de askerlikte, geceleri çıplak gözle ayırt edilemeyen görüntülerin izlenmesinde kullanılır.

Işığın şiddetlendirilmesi: Bir cisimden gelen ışık enerjisi, enerji «paketlerinden» oluşan *foton*lar biçimindedir. Fotonların enerjisi, gözün ağ tabakasını uyarmaya yettiği halde, elektronik açıdan oldukça zayıf sayılır ve doğrudan doğruya şiddetlendirilemez. Bu yüzden, ışığın şiddetlendirilmesi için fotonların, enerjilerinin artırılmasına olanak sağlayan başka bir biçime dönüştürülmeleri gerekir.

Safir levha üstüne düşen kozmik ışınlar, yoğunlaştırıcıyla gözlenebilen hafif ışıldamalara yolaçarlar. (üstte solda) Daha yaygın bir kullanım alanı da üstte sağda görülen askeri tüfektir.

Bunu yapmanın en doğal yolu, fotonları, kolayca ELEKTRON salıveren bir maddenin üstüne düşürmektir. Bu amaçla, en dış yörüngesinde bir tek elektron bulunan sezyum gibi, büyük atomlu elementler kullanılır. Işık fotonunun enerjisi, bu elektronları koparmaya yeter.

Elektronlar, negatif yüklü oldukları ve elektrik alanının etkisinde daha yüksek enerjiler taşıyacak biçimde kolayca hızlandırılabildikleri için, bütün elektronik aygıtların temelini oluştururlar. Ayrıca, elektrik ve magnetik alan yardımıyla yöneltilip, odaklanabilirler.

Zayıf ışık sinyallerini şiddetlendiren FOTOÇOĞALTICI TÜP'te elektronlar, tüp boyunca dizilmiş ve her biri farklı potansiyelde olan elektrotlar yardımıyla hızlandırılır. Ama bu sistem, görüntüyü korumaz, yalnızca ışığın saptanmasında kullanılır.

Yoğunlaştırıcılar: Yalın bir yoğunlaştırıcı, çapı ve boyu birkaç santimetre olan, havası boşaltılmış, silindir biçimli bir cam borudan oluşur. Borunun bir yüzünü kapatan saydam düzlemin iç yüzü, ışığa duyarlı *(fotosalıcı)* bir maddeyle kaplanmıştır. Öteki yüzeyde ise, üstü çok ince alüminyumla kaplı olan flüorışıl bir ekran bulunur.

Zayıf kaynaktan gelen gözlenecek ışık önce, fotoğraf makinasında olduğu gibi, bir mercek sistemi yardımıyla, saydam yüzey ile fotosalıcı üstünde optik bir görüntü oluşturur. Bu görüntüyü oluşturan fotonların önemli bir bölümü, fotosalıcıdan, görüntünün her noktasındaki ışık şiddetiyle orantılı sayıda elektron çıkmasına yolaçarlar. Böylece görüntü, bir elektron görüntüsüne dönüşür. Bu elektron görüntüsü, flüorışıl ekrana varıncaya kadar, tüp boyunca 10-15 bin voltluk potansiyel farkı altında hızlandırılır ve *elektron optiği*nden yararlanan bir yön-

temle odaklanır. Ekrana çarpan elektronlar, yüksek enerji taşıdıkları için, alüminyum tabakadan geçerler ve katot ışını tüplü ekranda (Bk. KATOT IŞINI TÜPÜ) olduğu gibi, flüorışıl ekranın ışıldamasını sağlarlar. Alüminyum tabaka, yansıtıcı görevini üstlenir ve flüorışıl ışığın görüntü penceresinden çıkmasını sağlar. En çok kullanılan flüorışıl maddelerden biri olan P-20 fosforu, insan gözünün kolay uyum yapabileceği renklerde ışıldar. Böylece elektron görüntüsü, gözlemcinin kolayca izleyebileceği optik görüntüye dönüştürülmüş olur. Bu aygıtın en önemli özelliği, çıkıştaki görüntünün ilk görüntüden çok daha parlak olmasıdır. Bu yolla ışık, 50 kat kadar şiddetlendirilebilir.

Bu tür yoğunlaştırıcılar, birinin çıkışı kendinden sonrakinin girişine gelecek biçimde seri olarak bağlanırsa, çok büyük şiddetlendirmelere ulaşılabilir. Sözgelimi, art arda dizilmiş dört yoğunlaştırıcı katından oluşan bir sistemle, 10 000 000'a varan şiddetlendirmeler sağlanabilir.

Görüntü yoğunlaştırıcılarda kullanılan bir başka şiddetlendirme yönteminde de, mikroskopik *kanal elektron çoğaltıcı*lardan yararlanılır. Kanal elektron çoğaltıcı, boyu, çapından 50 kat daha uzun olan, iç yüzü yarı yalıtkan bir tabakayla kaplanmış ince bir cam borudur. Borunun uçlarına uygulanan potansiyel farkı, boru boyunca artan bir elektrik alanı oluşturur. Borunun düşük potansiyeldeki ucundan içeri bir elektron girdiği zaman, iç yüzeyinden, çarpma sonucunda birçok *ikincil elektron* çıkar. Elektrik alanda hızlanan bu elektronlar da, başka yerlere çarparak daha da çok elektronun çıkmasına neden olurlar. Çarpmaların birçok kez yinelenmesi sonucu, tüp boyunca yeni elektronlar salınır ve her çarpmada, bunların sayısı birkaç kat çoğalır. Böylece, tüpün bir ucundan giren bir tek elektrona karşılık, öbür uçtan en az 10 000 elektron çıkar. Görüntü yoğunlaştırıcılarda, milyonlarca kanal elektron çoğaltıcısı, 2 cm çapında ve 1 mm kalınlığında bir yüzey üstüne, tıpkı bal petekleri gibi yan yana yerleştirilir. «*Mikrokanal plaka*» adı verilen bu düzenek, fotosalıcıdan çıkan elektron görüntüsünün yolu üstüne konur ve flüorışıl ekrana düşen görüntüyü şiddetlendirir. Bu türden bir yoğunlaştırıcının tek kademede sağladığı verim, öteki yoğunlaştırıcıların birçok kademede vardığı şiddetlendirmeye eşdeğerdir.

Fotosalıcılar: Görüntü yoğunlaştırıcılara ilgi, ilk kez 1930'larda, TELEVİZYON kameralarının duyarlığını artırma gereği ortaya çıktığı zaman duyuldu. O sıralarda kullanılan en iyi fotosalıcı madde, gümüş, oksijen ve sezyumdan oluşan bir bileşikti. Ama duyarlığı, istenen yoğunlaştırmayı sağlamaya yetmeyecek kadar düşüktü. İkinci Dünya savaşı sırasında, bileşiğin kızılaltı ışınlara olan duyarlığı nedeniyle, gece gözleme amacıyla, bu fotosalıcıyı içeren görüntüleme aygıtları kullanıldı. Modern yoğunlaştırıcılarda ise, bütün görünür ışık renklerine duyarlı olan sodyum, potasyum, sezyum ve antimon karışımından oluşan bir fotosalıcı bileşik kullanılır.

Elektron optiği: Elektron görüntüsü, değişik yöntemlerle odaklanabilir. Bunların en yalını, *yaklaşık odaklama*dır. Bu yöntemde, fotosalıcı ile flüorışıl ekran, birbirine çok yakın yerleştirilir; böylece elektron görüntüsü, ekrana doğru hızlandırılırken dağılmaya fırsat bulamaz.

Daha etkili bir yöntem de, *elektrostatik odaklama*dır. Bu yöntemde elektronlar, yüklü elektrotların arasından geçirilir. Görüntüleme sırasında netliğin bozulmasını önlemek için, fotosalıcının yüzeyi içbükey biçimde yapılır. Gelen düzlem optik görüntüyü fotosalıcının içbükey yüzeyine uydurma amacıyla, LİF OPTİĞİ tekniğiyle yapılmış bir düzlem levha kullanılır. Lif optiği yöntemiyle hazırlanan bu levhalar yan yana sıkıştırılmış, ama her biri ayrı bir ışık kaynağı gibi davranan, bir dizi saydam, mikroskopik kalınlıkta cam lifinden oluşmuştur. Görüntünün her parçasını bir başka lif taşıdığından, bu türden bir levha yardımıyla, çok ayrıntılı görüntüler iletilebilir. Mikrokanallı levhaları bulunmayan yalın sistemlerde, flüorışıl yüzey de, bu cinsten bir lifli levhanın üstüne yerleştirilir. Böylece, lifli levhaların düz yüzeyleri birbirine değecek biçimde dizilerek, birkaç birimden oluşan bir şiddetlendirici yapılabilir.

Birbirine bağlanmış üç kattan oluşan ve ışık şiddetlendirmesi 40 000'e varan yoğunlaştırıcı sistemleri *teleskop*larda kullanılır. Bunlar geceleri, ay ışığı olmadığı zamanlarda bile görüntü elde etme amacıyla yararlanılan, küçük ve hafif yoğunlaştırıcılardır.

Magnetik odaklama ise, yoğunlaştırıcı tüpün çevresine yerleştirilen silindir biçimli bir elektromıknatıs ya da doğal mıknatıs yardımıyla gerçekleştirilir. Bu sistemin en büyük üstünlüğü, düzlem bir fotokatotla çok üstün görüntüler elde edilmesidir. Öteki yüzünde bir sonraki kademenin fotosalıcısı bulunan çok ince ve saydam bir mika üstüne, bir kademenin flüorışıl ekranının yerleştirilmesiyle, bir tek cam tüp içine birçok yoğunlaştırıcı kademesi sığdırılabilir. Bu tür çok katlı yoğunlaştırıcılarla elde edilen görüntülerin üstün niteliği, gökbilim gibi ayrıntı gerektiren dallarda, bu aygıtların yeğlenmesini sağlamıştır.

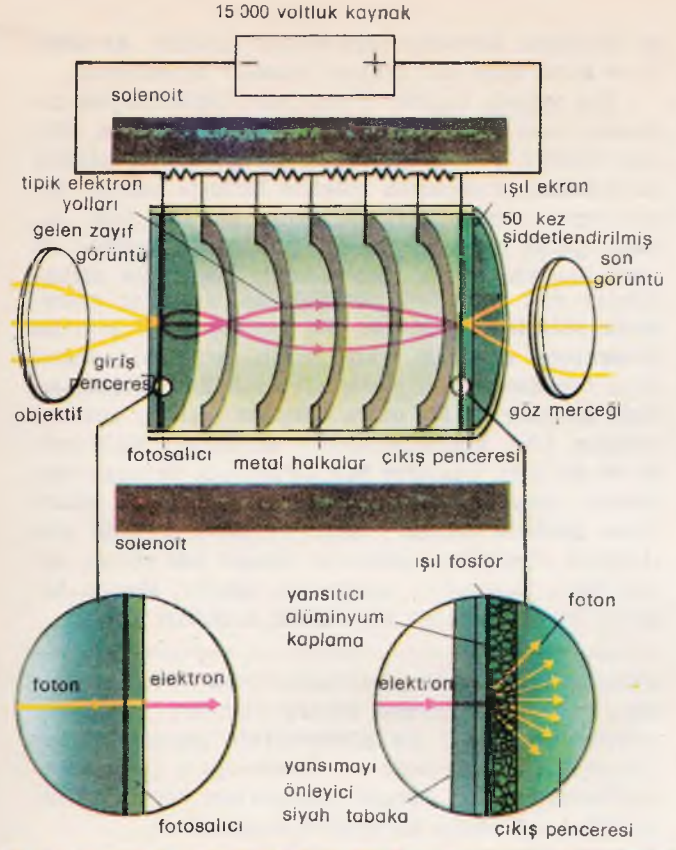
Uygulamalar: Görüntü yoğunlaştırıcıların en yaygın kullanım alanı, askerlikte ya da güvenlik

---

Yalın, magnetik odaklamalı yoğunlaştırıcı kademesi. (sağda üstte) Tüpün içinden geçen bobin (solenoit), magnetik alanı sağlarken, dirençlerle oluşturulan yüksek gerilim, her dairesel elektroda öncekinden daha yüksek bir potansiyel sağlar. Daha büyük bir yükseltme sağlama amacıyla, birçok kademe birleştirilebilir.

Odaklamada ve elektronları hızlandırmada elektromıknatıs kullanan, yalın, magnetik odaklamalı bir yoğunlaştırıcı. (sağda ortada)

Stonehenge kalıntılarının, gece, bir yoğunlaştırıcıyla alınmış fotoğrafı. (sağda altta)



amacıyla geceleri yapılan gözlemlerdir. Çoğu yerde görüntünün üstün nitelikli olması gerekmediği için ucuz, hafif aygıtlar kullanılabilir. Vahşi hayvanların fotoğrafını çekmede de, benzer aygıtlardan yararlanılır.

Röntgen ışınları da, görünür ışık gibi yoğunlaştırılabilir. FLÜOROSKOPİ işleminde kullanılan ekranın yerine, görüntü yoğunlaştırıcı bir ekran kullanma yoluyla, alışılmış dozlardan çok daha düşük dozlarla çalışılabilir. Gökbilimde ise, görüntü yoğunlaştırıcılar çok zayıf ışık veren cisimlerin de daha duyarlı olarak ya da daha kısa zamanda fotoğraf filminde görüntü oluşturmasını sağlar. *Elektronografi* tüplerinde elektronlar, doğrudan doğruya fotoğraf filminin üstüne düşürülür.

Gökbilimde, televizyon kamerası ilkesine göre çalışan birçok başka görüntü tüpü de kullanılır. Bunlarda, elektron demeti yüklü bir görüntüyü tarar ve tarama işleminden önce yükü uzun bir süre koruyarak, çok az ışık veren cisimleri bile saptayabilir. Bu tür görüntü tüpleri, asıl teleskopun üstünde bulunan bulucu teleskopta, istenilen gözlem alanını belirlemekte kullanılır.

GÖZLEMEVİ

Gökbilimsel araştırmaların yapıldığı yerlere «gözlemevi» denir. İyi sonuçlar alabilmek için, gözlemevinin yerinin ve yapılarının seçimine özen göstermek gerekir.

İlk gökbilimciler, gözlemlerini, evlerinin çevresindeki uygun yerlerde yaparlardı. Sözgelimi William HERSCHEL, Uranüs gezegenini, evinin arka bahçesinde sürdürdüğü incelemeler sonucu buldu. XIX. yüzyıldaysa, Batı ülkelerinde, üniversitelerin, kendi alanları içinde, gözlemevi kurmaları gelenek halini aldı. Ama, XIX. yüzyılın sonlarına doğru daha büyük teleskopların yapılması ve kent nüfuslarının artması, gözlemevlerinin yerleşme bölgeleri dışına kaydırılmasına yolaçtı. Günümüzde bazı gözlemevlerinin deniz kenarlarına kurulmasına karşılık, büyük TELESKOP'lar için yüksek tepeler daha uygun bulunmaktadır.

Hava kirliliği, genellikle atmosferin alt tabakalarında ortaya çıkan, olumsuz bir etmendir. Gözlemlerin niteliğini etkileyen başka bir önemli etmen de, «*görüş koşulları*» adı verilen ve teleskop ile incelenen nesne arasındaki hava türbülansından kaynaklanan olaydır. Kötü görüş koşulları altında teleskopta izlenen bir yıldızın görüntüsü, sürekli bir ışık noktası halinde değildir: Bazen yitip sonra yeniden ortaya çıkar; bazen patlıyormuş gibi görünür; bazen de yerdeğiştirir. Görüş koşullarının bozulmasına genellikle yüksek hızlı rüzgarlar neden olur; ama asıl etken, teleskopun çok yakınında oluşan türbülanstır. Kentler, yüzeylerinin düzensiz oluşu ve ısınan yapılar nedeniyle, güneşten doğrudan ısı alınmadığı günlerde bile, üstlerindeki hava tabakasını bozarlar. Bu yüzden teleskoplar, yüksek tepelere kurularak çevrede-

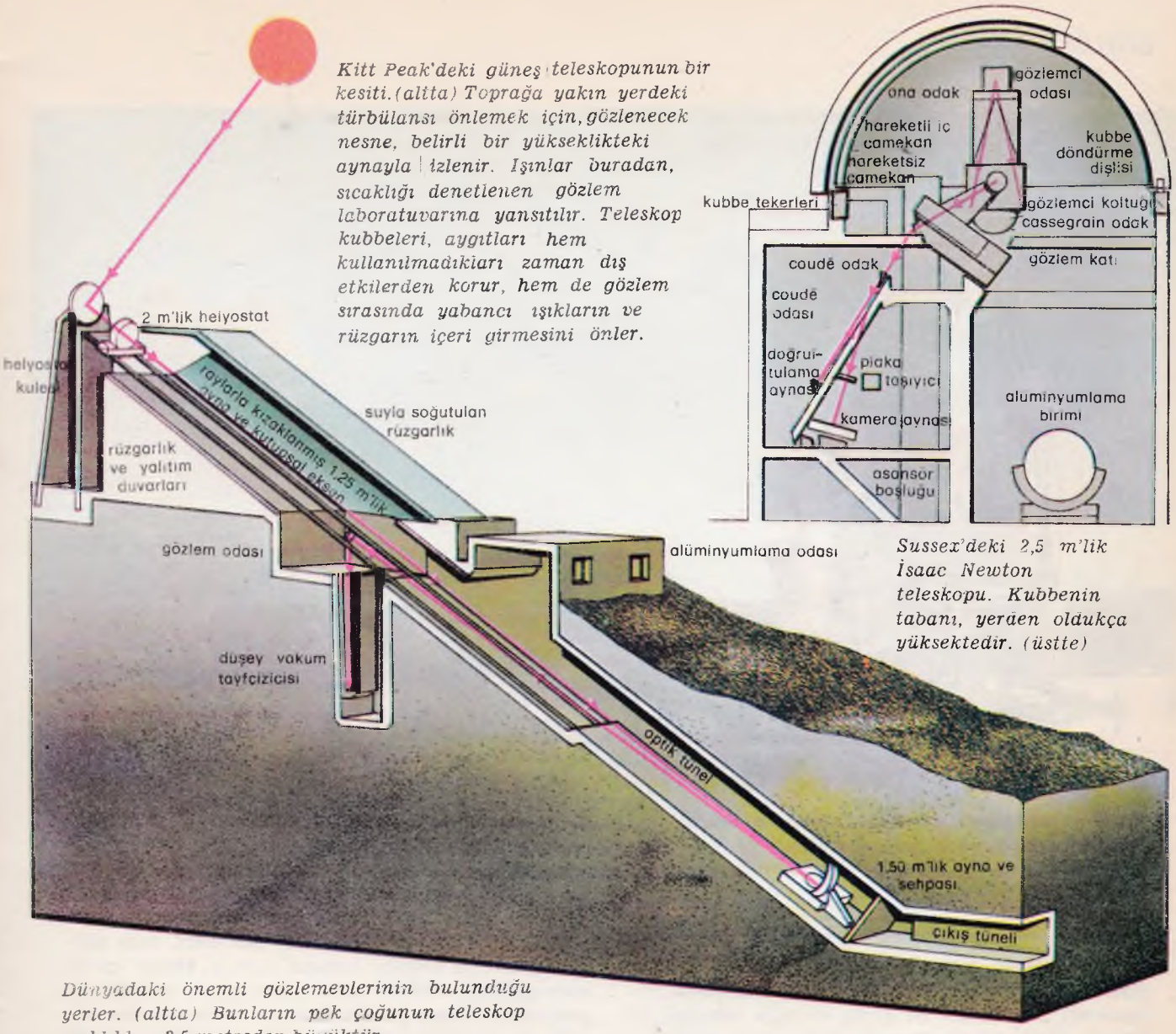
Kitt Peak'deki güneş teleskopu. (üstte) Kitt Peak'de ayrıca 4 m'lik yansıtmalı teleskoplar da bulunmaktadır.

ki türbülans kaynaklarının üstüne çıkarılır. Az nemli ve kuru hava da, aranan koşullar arasındadır.

Yer seçimi: Dağlık ve engebeli bölgelerin pek çoğunda, hava koşulları iyi değildir. Günümüzde, gözlemevlerinin yeri, yılın büyük bir kesiminde olumlu hava koşulları sağlayan bölgeler üstünde yapılan geniş çaplı araştırmalarla saptanır. Normal açık havada, güneş ısısından ötürü, atmosferin özellikle alt tabakalarında büyük türbülanslar oluşur. Bu türbülanslar dağ sırtlarına rasladığında, doruklar çevresinde bulutlar yoğunlaşır. En iyi koşul, bir *sıcaklık terslenmesi* oluşması, yani çeşitli nedenlerle, soğuk hava tabakasının bir sıcak hava tabakası altında sıkışıp kalmasıdır. Bu olaya özellikle, kararlı antisiklonların (Bk. METEOROLOJİ) görüldüğü Kaliforniya ve Şili gibi, kıtaların batı kıyılarında bulunan bölgelerde raslanır. Soğuk deniz akıntılarından ötürü deniz üstünde oluşan buğu ve hava kirliliği gibi olumsuz etmenler, *«terslenme tuzağı»* adı verilen soğuk hava tabakaları tarafından tutulur. Bunun üstünde de çok açık ve kuru görüş koşulları oluşur.

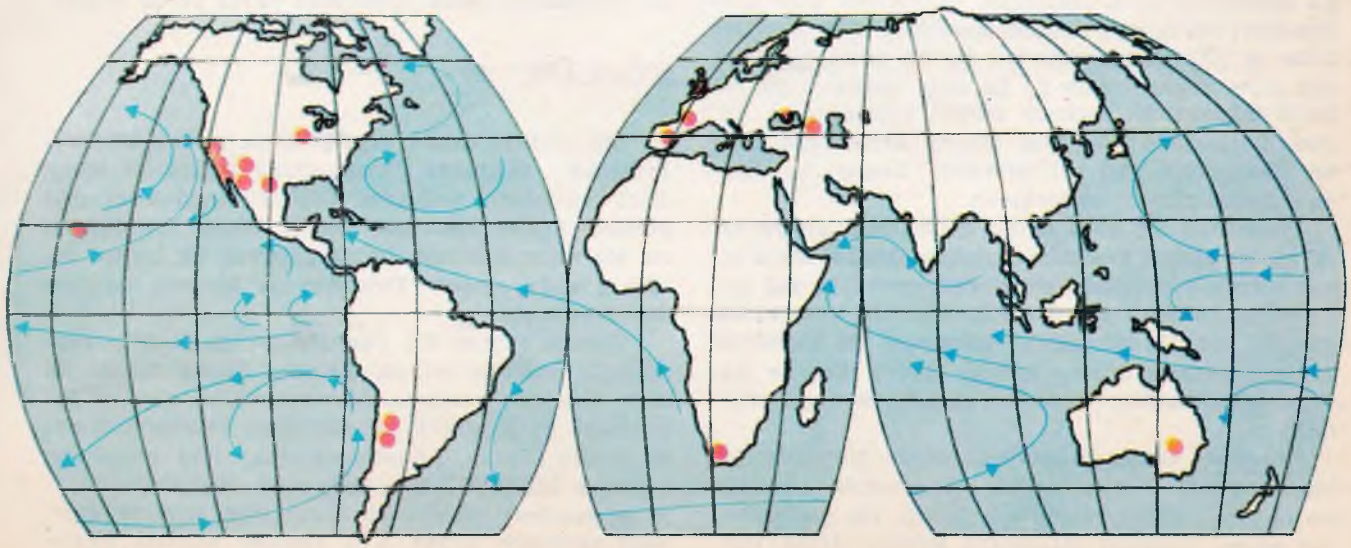
Dünyanın en büyük gözlemevlerinden biri olan La Silla'daki (Şili), Avrupa Güney Yarıküre Gözlemevi. (altta) Bu gözlemevinin yapımı, Avrupa ülkelerinin oluşturduğu bir konsorsiyum tarafından sürdürülmektedir. Burada, Avrupa'nın herhangi bir yerinden çok daha iyi gözlem koşulları bulunmaktadır.

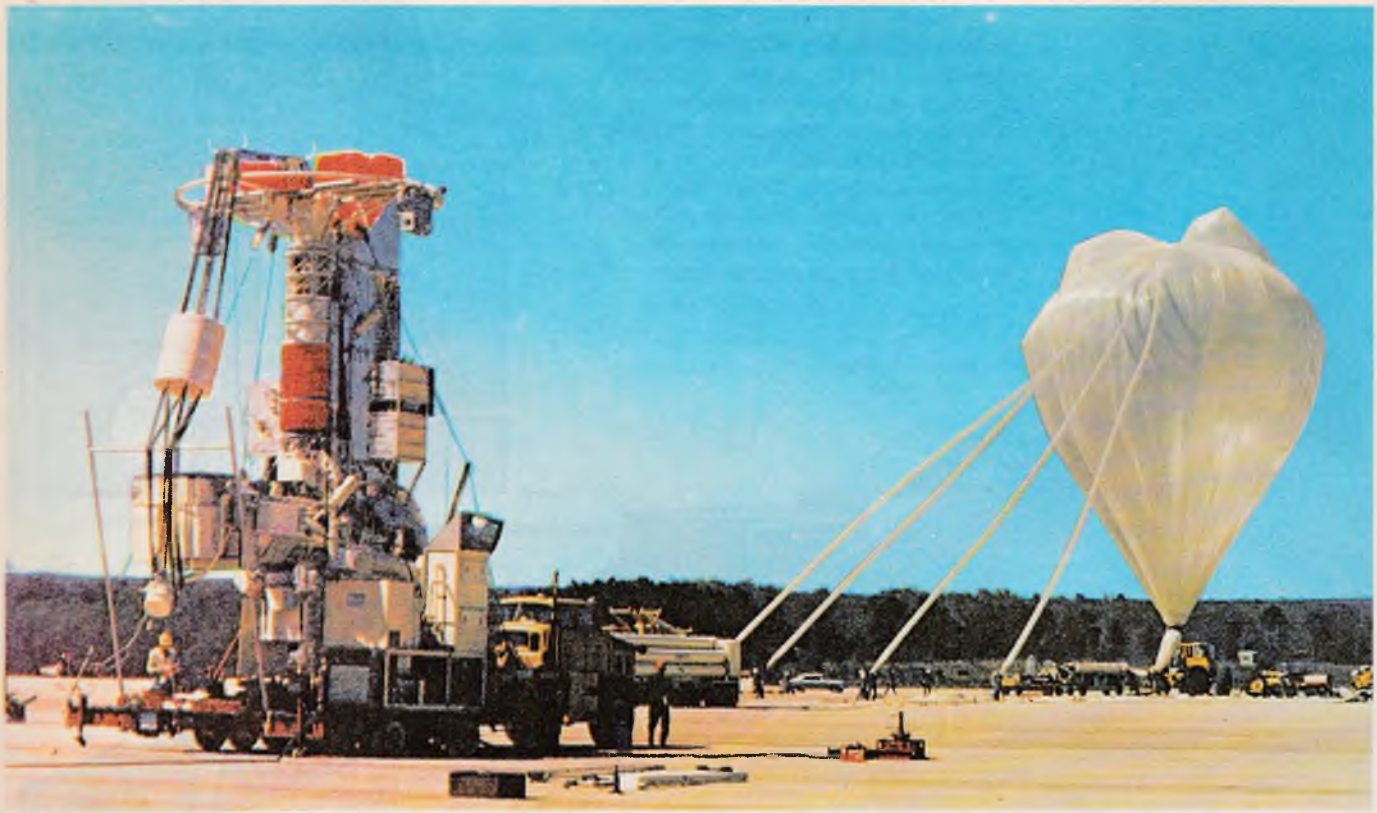
Kitt Peak'deki güneş teleskopunun bir kesiti. (altta) Toprağa yakın yerdeki türbülansı önlemek için, gözlenecek nesne, belirli bir yükseklikteki aynayla izlenir. Işınlar buradan, sıcaklığı denetlenen gözlem laboratuvarına yansıtılır. Teleskop kubbeleri, aygıtları hem kullanılmadıkları zaman dış etkilerden korur, hem de gözlem sırasında yabancı ışıkların ve rüzgarın içeri girmesini önler.



Sussex'deki 2,5 m'lik İsaac Newton teleskopu. Kubbenin tabanı, yeraltında oldukça yüksektedir. (üstte)

Dünyadaki önemli gözlemevlerinin bulunduğu yerler. (altta) Bunların pek çoğunun teleskop açıklıkları 2,5 metreden büyüktür.





Gözlem koşullarını düzeltme amacıyla uçurulan teleskoplu Stratoskop balonu. 1970'te, 24 km yüksekliğe çıkıp, gezegen ve gökadaların fotoğraflarını çekmiştir.

Bu nedenle, XX. yüzyılın ilk yarısında Kaliforniya'da kurulan Mt. Hamilton ve Mt. Palomar gözlemevleri, son derece iyi görüş ve hava koşulları altında işlevlerini sürdürmektedirler. Son zamanlardaysa, dünyanın en iyi gözlem koşullarının bulunduğu düşünülen And dağlarının eteklerinde yeni gözlemevleri kurulmaya başlanmıştır. Sözgelimi, denizden 2 400 m yükseklikte bulunan ve 3,8 m'lik teleskopları olan, Cerro Tololo ile La Silla gözlemevleri, bir bulut tabakasının üstünde gözlem yapmaktadır. Ayrıca, Sutherland'daki yeni Güney Afrika gözlemevi de, Karroo'nun yarı çöl ikliminde, benzeri koşullarda çalışmalarını sürdürmektedir.

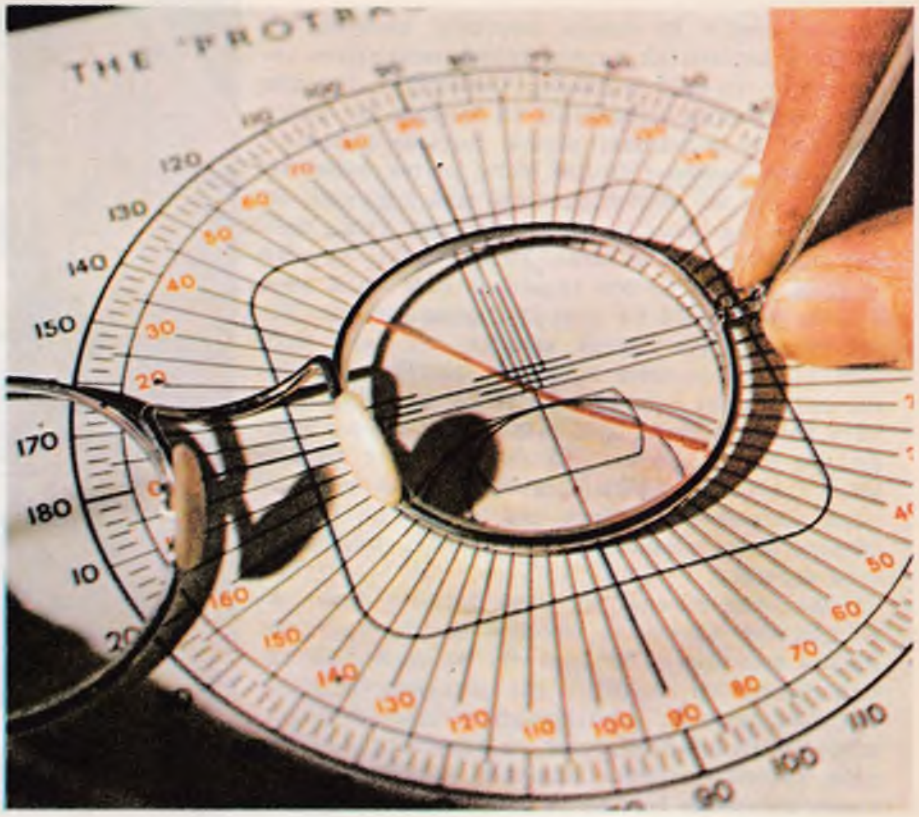
Değişmez bir hava akımı içinde bulunan yerlerde de, iyi gözlem koşulları oluşabilmektedir. Buna örnek olarak, rüzgarların etkisinden çevredeki dağ zincirleriyle korunan Fransız Pireneleri'nin kuzeyindeki Pic du Midi (2 860 metre) gözlemevi ile Hawaii'de deniz yanardağı üstüne kurulu Mauna Kea ve Kanarya adalarındaki Tenerife gözlemevleri gösterilebilir.

Yapılar: Görüş ve hava koşulları, ulaşım kolaylığı, uçak yollarından uzaklık gibi etmenler göz önüne alınarak gözlemevinin kurulacağı yer saptandıktan sonra, yapıların tasarımına girişilir. Amaç, için de teleskopların bulunduğu kubbenin iç sıcaklığını, elden geldiği ölçüde (özellikle geceleri), çevre sıcaklığına yakın bir düzeyde tutabilmektir. Kubbenin iç sıcaklığının aşırı yükselmesi, açıklıktan dışarı sıcak havanın akıp, kötü görüş koşulları oluşturmasına yolaçar. Bu nedenle, gözlemevi kubbeleri, ışığı yansıtmaları için beyaza boyanır; ayrıca, kubbe içinde, gece-gündüz sıcaklık farkı oluşmaması için iyi bir yalıtım yapılması gerekir. Sıcaklık farkı, çok kısa sürede kendini dengeleyebilir; ama teleskopun optik parçalarının soğuması uzun sürer ve bu zaman içinde merceklerin odak uzaklıkları yavaş yavaş değişir.

GÖZLÜK

İlk gözlüğü kimin yaptığı kesin olarak bilinmemektedir. Gözlüğün kullanımına ilişkin ilk belge, XIII. yüzyıldan kalmadır. Gözlüğü buldukları ileri sürülen kişiler arasında, İngiliz Roger BACON'dan da söz edilir. Gözlüklü birini gösteren ilk portre de, 1352 yılında, ressam Tommaso da Modena tarafından yapılmıştır.

Gözlük yapımı XV. yüzyılda Avrupa'da iyice yaygınlaştı. Matbaa ortaya çıkınca, gözlük istemi de arttı. Önceleri yalnızca, *hipermetropluk* (yakını görememe) ve *presbitlik* (gözün uyum yetisini yitirmesi sonucu oluşan hipermetropluk) için kullanılan dışbükey MERCEKLER yapılıyordu. *Miyopluğu* (uzağı görememe) düzeltmede kullanılan içbükey mercekli gözlükler, ancak XVI. yüzyılın başında ortaya



Gözlüğün köprü bölümü, özel olarak bu amaçla yapılmış bir aygıtla biçimlendirilir. (üstte) Gözlük hazırlamada kullanılan kart. (sağda) Teknisyen, silindir mercek eksenlerinin, reçetede öngörüldüğü gibi yerleştirilip yerleştirilmediğini bu kart yardımıyla denetler. Bu tür merceklerle, astigmatlık kusuru düzeltilir.

çıktı. Bu gözlükleri ilk takanlardan biri Papa Leo X idi.

Çerçeve: İlk gözlüklerin çerçeveleri bakır, kurşun ya da tahtadan yapılır ve yuvarlak biçimli olurdu. Daha sonraları aynı amaçla kösele, kemik ve boynuz da kullanıldı. XVII. yüzyılın başında çelikten, hafif çerçeveler yapıldı. XVIII. yüzyıldaysa aynı amaçla, bağadan (kaplumbağa kabuğu) da yararlanıldı ve çerçeveler günümüzdeki alışılmış biçimini aldı.

Günümüzde çerçeveler genellikle, metal ya da plastikten yapılmaktadır. En çok kullanılan plastik türleri selüloz asetat, selüloz nitrat ve «*termoplastik*» diye adlandırılan, ısıtılınca yumuşayıp soğutulunca yeniden sertleşen akrilik reçinelerdir. Selüloz asetat, selüloz nitrat gibi kolayca solmaz, alev almaz, kolayca biçimlendirilebilir ve dayanıklıdır. Selüloz nitrat ise, solmasına ve kolay alev almasına karşılık, daha serttir ve biçimini korur. Perspeks (pleksiglas) gibi akrilik reçineler, beden asitlerinden etkilenmezler ve boyandıkları zaman, selülozlardan daha parlak olurlar; ama işlenmeleri zordur.

Metal çerçevelerin en yaygın türlerinden biri, altın kaplamadır. Bunlarda, içteki pirinç gibi bir metalin üstüne, altın bir tabaka kaplanmıştır. Paslanmaz çelik, alüminyum, gümüş-nikel ve üstü rodyum kaplanmış metaller de kullanılır.

Selüloz asetat, farklı renkteki ince tabakaların üst üste dizilip, bir çözücü ve plastikleştirici eklenerek hidrolik presten geçirilmesiyle hazırlanır. Sıkıştırılmış kütle yana çevrilip, 3-6 milimetre kalınlığında dilimler halinde kesilir. Kesim ,düzlemi, tabaka düzlemine diktir ve asetatın üstünde dalgalı renklerin belirmesine yolaçar.

Ekstrüzyonla dökülmüş selüloz asetat, dilimlenmiş asetattan çok daha sert ve dayanıklıdır. Üstelik daha iyi parlatılabilir. Selüloz asetat tozları, uygun bir plastikleştiriciyle bir silindir içinde karıştırılıp ısıtıldıktan sonra, yüksek basınç altında, istenilen kalınlığa ayarlanmış bir yarıktan geçirilir. Aynı yarıktan çeşitli renklerde maddeler geçirilerek, istenilen desenler elde edilir.

Çerçeve yapımı: Günümüzde çerçeveler seri olarak üretilir ve her çerçeve, yaklaşık olarak 100 ayrı işlemden geçer. Plastik çerçevelerin ön kesimleri, frezelerle hazırlanır. Gözlük malzemesi aparatlara bağlanır ve freze kalemleriyle, camların takılacağı delikler açılır. Deliğin çevresine de, içine camın geçirileceği ince oyuklar kazılır. Aradaki *köprü* bölümü, çerçeve ısıtılıp yumuşatıldıktan sonra biçim verme yoluyla yapılır. Saplar ise, enjeksiyon ya da pres dökümle üretilir. Pekiştirme telleri sap içine, ya yapım sırasında yerleştirilir ya da sonradan ısıtılarak içlerinden geçirilir. Parçalar, monte edilmeden önce, içinde süngertaşları bulunan bir tamburda parlatılır. Montaj işlemi özel bir düzenekte yapılır: menteşeler ya doğrudan pimlenir ya da ısı verilerek basınçla gömülür.

Metal çerçeveler kesilip, yontulup, kıvrılarak hazırlanır. Bu işlemler sırasında metal çok sertleşir; yeniden biçim verilebilecek duruma gelmesi için *tav-*

lanması gerekir. Bu amaçla çerçeveler, koruyucu bir çözeltiyle kaplanarak, fırında yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılır ve suda soğutulup temizlenir. Parçalar *punta kaynağı*yla birleştirilir; en sonunda da, burun yerindeki ve yanlardaki plastik parçalar takılır.

Gözlük camları: Gözlük camı olarak genellikle *Crown camı* adı verilen bir CAM türü kullanılır. Bu camın *kırılma indisi* (optik ortamın ışığı kırma özelliği) 1,523'tür. Son yıllarda, kırılma indisi 1,7 olan ve aynı güçteki Crown camından hem daha ince, hem de daha hafif bir cam türü geliştirilmiştir. Büyük mercekli gözlüklerde, camdan çok daha hafif olan akrilik plastikler kullanılır. Gözlük camı olarak kullanılacak cam ve plastiklerin, her türlü çizik, hava kabarcığı, bulanıklık ya da iç gerilmeden arındırılmış olması gerekir (Bk. OPTİK ÖĞE ÜRETİMİ). Gözlüklerde kullanılan merceklerin gücü de bütün merceklerde olduğu gibi dioptri ile ölçülür. Dioptri, metre cinsinden ölçülen odak uzaklığının evrik değeridir.

Mercekler *menisk* (bir yüzü dışbükey, öteki yüzü içbükey), *küresel* ve *silindirsi* olarak yapılır. Silindirsi merceklerin birbirine dik iki düzleminin eğrilik yarıçapları farklıdır; göz yüzeyinin eğriliğinin eşit olmamasından kaynaklanan *astigmatlığı* düzeltmede kullanılırlar. Miyopluk ve hipermetropluk için, yalın küresel mercekler kullanılır. Renkli mercekler, camın hamurunu boyama ya da hazır mercekleri metal oksitlerle vakumda kaplama yoluyla hazırlanır. Camın bileşimine gümüş halürler katılarak, ışık şiddetine göre rengi koyulaşıp açılan *fotokromatik* camlar yapılır. Endüstride kullanılan güvenlik gözlükleriyse tabakalı camlardan, güçlendirilmiş camlardan ya da plastiklerden hazırlanır.

Birden çok görme kusurunun düzeltilmesi gereken durumlarda *çok odaklı* mercekler kullanılır. Sözgelimi *bifokal* (çift odaklı) merceklerde, üst bölüm uzağı görmek, alt bölüm ise yakını görmek ve okumak içindir. Bifokal mercekler iki türdür: *Tek parçalı bifokal; birleşik bifokal.* Yüzyılımızın başında bulunan tek parçalı bifokal mercekler, merceğin bir yüzü, farklı biçim verilmiş iki yüzeyden oluşacak biçimde yapılır. Birleşik bifokallerdeyse, asıl merceğin dışbükey dış yüzüne, küçük bir küresel yuva açılır ve buraya, okuma işlevini sağlayacak küçük bir mercek yerleştirilir. Bundan sonra sistem, iki mercek iyice kaynaşıncaya kadar fırında ısıtılır. Okuma işlemi için gerekli yüksek gücü sağlama amacıyla, bu küçük mercek, kırma indisi asıl merceğin indisinden daha büyük olan camdan yapılır.

Muayene: Gözlük hazırlanmadan önce, hastaya ne türden mercek gerektiğinin ve merceğin gücünün ne olacağının, bir uzman tarafından belirlen-

Doktorlar bazen hastanın gözünün önündeki mercekleri tuttırmak için resimdeki gibi çerçeveler kullanırlar. (sağda) Çerçevenin boyutları değişkendir ve doktor, deneme merceklerinin açısını saptayabilir.

XVI. yüzyılda bir gözlük satıcısı. (solda)
O zamanlar gözlük reçeteye göre yapılmaz, denenerek seçilirdi.

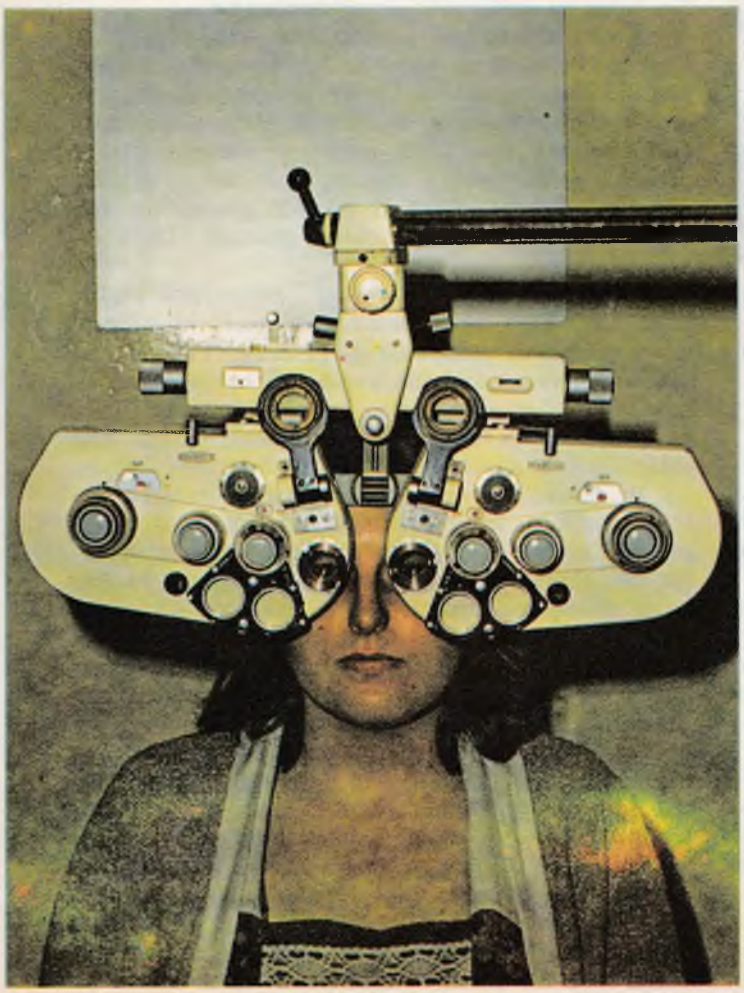
Refraktör başlığı (altta solda), denemede kullanılan çerçevenin yerini alır; ama burada mercekler otomatik olarak seçilir.

Frezede plastik çerçevelerin hazırlanması. (altta sağda)

mesi gerekir. Bu da, dış ya da iç (ya da ikisi birlikte) muayenelerle yapılır.

Gözün gücü *optometre* adı verilen bir aygıtla ölçülür. Bu aygıt, aydınlanmış şeklin görüntüsünü, gözün arka yüzeyindeki ağtabakaya *paralel* ışınlarla düşürür. Doktor, ışın demetini, net bir biçim elde edecek gibi ayarlar. Bu durumda göz merceğinin gücü, ışığı düşüren aygıtın üstündeki ölçekten doğrudan doğruya okunur. Aygıt, iki asal düzlemdeki bozukluğu da ölçme amacıyla, ekseni çevresinde doksan derece döndürülebilir. «*Oftalmetron*» adı verilen yeni geliştirilmiş elektronik bir aygıt da, ağtabakayı tümüyle tarar ve her düzlemin gücünü ayrı ayrı kaydeder.

Gözün kırma gücü, *retinoskop* adlı bir aygıtla incelenir. Retinoskop, bir ışık kaynağı ile ışık demetinin yakınsaklığını ya da ıraksaklığını ayarlayan ve kaynak ile ortası delik bir aynanın arasında bulunan bir mercekten oluşur. Hasta gözünü, uzaktaki bir cisme diker; doktor da, aynayla ışık demetini hastanın gözüne yöneltir. Işık ağtabakadan yansır ve hastanın gözbebeğinin üstünde, kırmızı bir görüntü oluşturur. Doktor, bu görüntüyü aynanın ortasındaki delikten izler ve retinoskop hareket et-



Papa Leo X'un 1517 yılına doğru Rafaello tarafından yapılan portresi. Resimde elinde gözlükle görülen Leo X, miyopluğu düzeltmek için, içbükey merceği ilk kullananlardan biriydi.

tikçe, görüntünün ne yöne kaydığını inceler. Miyoplarda yansıyan görüntü, retinoskopun ışığıyla aynı yönde, hipermetroplarda ise ters yönde hareket eder. Kesişen bir hareket de, astigmatlık bulunduğunu gösterir. Doktorların, gözün içini inceleme amacıyla kullandıkları OFTALMOSKOP da benzer ilkelere göre çalışır.

Görme kusurunun niteliği belirlendikten sonra, retinoskoptan izlenen yansıyan ışık yok oluncaya kadar, hastanın gözünün önüne mercekler yerleştirilir. Böylece doktor, hastaya gerekli gözlük camının derecesini saptar. Deneme mercekleri, ya çerçevenin içine tek tek yerleştirilir ya da «refraktör başlığı» diye adlandırılan bir düzenekle otomatik olarak seçilir. Refraktör başlığı, hastanın gözlerinin önüne getirilen ayrı bir aygıttır.

Muayenede hasta, altı metre uzaktaki bir tabloya bakar. Gözlerinden biri kapalıdır. Ötekinin önüne, en net ve keskin görüntü sağlanıncaya kadar çeşitli mercekler yerleştirilir. Astigmatlık söz konusuysa, silindirsi mercekler eklenir.

Gözlükler, çeşitli mercekler, çerçeveler, parçalar ve öteki optik araç, gereçleri bulunduran *gözlükçü*lerde hazırlanır. Her mercek, çerçeveye takılmadan önce, «*fokimetre*» adı verilen optik işaretleme aygıtıyla işaretlenir ve yarı ya da tam otomatik kesme makinasıyla, istenilen büyüklük ve biçimde kesilir. Bu işlem için mercek, bir milin ucundaki yastıkların arasına yerleştirilir ve yavaş yavaş döndürülerek, elmas taşlar yardımıyla kesilir. Bu taşlar aynı zamanda, hazır merceğin V biçimindeki kenar ağzına da biçim verirler.

GRAFİK GÖRÜNTÜ

Bilgisayar *grafik görüntü*leri, BİLGİSAYAR ile kullanıcı arasında kolay ve hızlı bilgi iletimi sağlar. Grafik görüntüleyicilerin büyük bir bölümü, KATOT IŞINI TÜPÜ'ne dayanır; ama bazı bilgisayar grafik aygıtlarında, çiziciler ve kalemli YAZICI'lar gibi elektromekanik sistemler vardır. Günümüzde satılan bilgisayar terminallerinin % 60'ı, katot ışını tüplü aygıtlardır. Gelecekte de ÇEVRİMİÇİ TERMİNAL'lerin bu türden olacağı sanılmaktadır.

Katot ışını tüplü görüntüleyicilerin, başlıca iki türü vardır: Çok yaygın olan alfasayısal görüntüleyiciler; grafik görüntüleyiciler. *Alfasayısal görüntüleyici*, alfabenin bütün harflerini, bütün sayıları ve sınırlı sayıda öteki özel simgeleri gösterir. *Grafik görüntüleyiciler* ise, grafikleri, doğruları, eğrileri, daireleri ve öteki geometrik şekilleri gösterebilir. Köşegen ölçüsüyle verilen ekran genişliği, 18-53 cm arasındadır.

Alfasayısal görüntüleyiciler: Alfasayısal görüntüleyiciler, giriş-çıkış terminalleri olan uzak yazıcılara benzeyen elektronik birimlerdir. Yüksek yazma hızları ve sessiz işlem yapmaları bakımından, oldukça nitelikli aygıtlardır; ama basılmış bir kayıt ya da yazılı bir kopya oluşturamazlar, bütün bilgi ekran üstünde görüntülenir.

Bu birim, bilgisayara bilgi girişi ya da soru sormak için kullanıldığında, operatör, klavyede bilgiyi yazar. Yazılan bilgi ekranda belirir, böylece operatör, bilgisayara gönderme tuşuna basmadan, yazdıklarını denetleme olanağı bulur. Bir soru sorulmuşsa, bilgisayar onu işler ve yanıtını ekranda gösterir. Alfasayısal görüntüleyiciler, daha çok, bankacılık ve havayolları yer ayırtma işlemleri gibi alanlarda kullanılır.

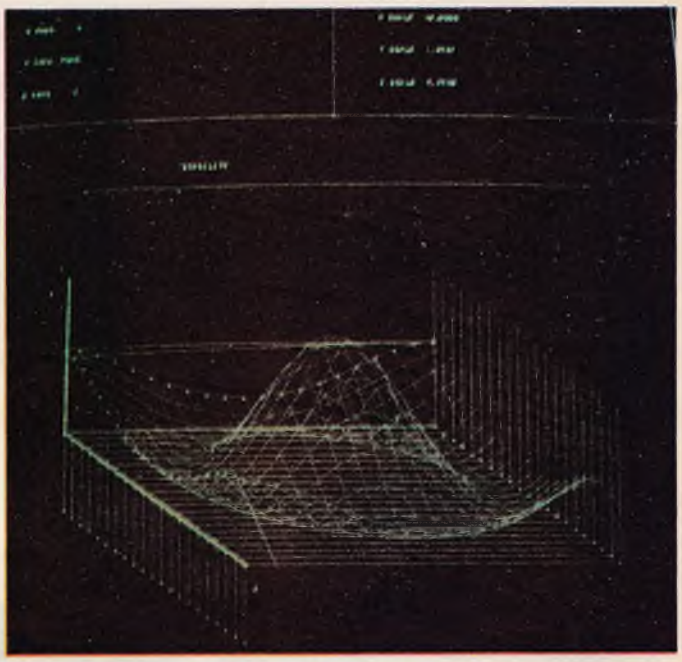
Grafik görüntüleyiciler: Grafik görüntüleyiciler, hem alfasayısal bilgileri, hem de grafik bilgileri gösterebilir, ama genellikle, çizim gerektiren uygulamalarda kullanılırlar. Operatör iletişimi, çeşitli yollarla gerçekleşir. En yaygın olanı, klavye ile bağlantılı bir *ışıklı kalem* ya da *izleme topu* kullanmaktır.

Yüksek yazma hızı olan katot ışını tüpü, istenen şekilleri bütün gerekli ayrıntılarıyla birlikte, oldukça kısa bir sürede oluşturabilir. Işıklı kalem ya

da izleyici top kullanılarak ekranda görüntülenen resmi, herhangi bir doğrultuda hareket ettirmek olanağı vardır. Kullanıcının yeni bir şekil yaratabilmesi için, bir şeklin bir bölümünü düzeltebilmesi ya da silebilmesi için, ekrana küçük bir işaret konur ve bu işaret, ışıklı kalem ya da izleyici top denetimi altında hareket ettirilir. Çapraz izleme, klavyeden uygun x ve y koordinatları verilerek ve eksenler çevresinde hareket ettirilerek de yapılabilir. Ama bu yöntem çok yavaş olduğundan, yalnızca çok büyük kesinlik gerektiğinde kullanılır.

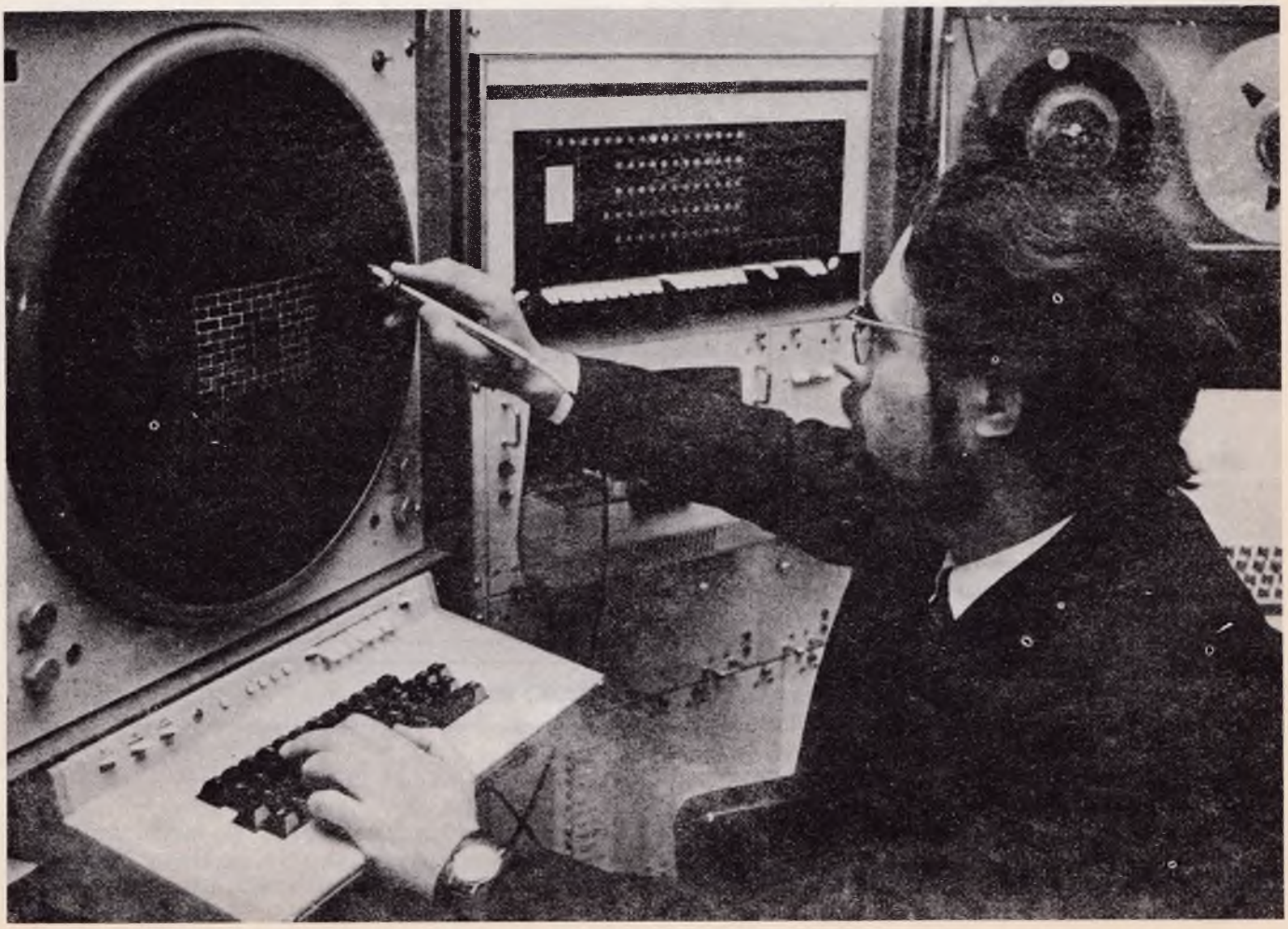
Işıklı kalem: Katot ışını tüplü ekranda belirli bir hızla, bir dizi yatay çizgi boyunca ekran taranarak bir resim oluşturulduğunda, elektron ışını, tarama sırasında belirli bir noktaya bir sinyal vermişse, bilgisayar bu noktanın durumunu hesaplayabilir. Bu, kalem biçimindeki bir tutucunun ucunda yeralan ve bilgisayara sinyal gönderen bir FOTOSEL tarafından yapılır.

Kalemin ekran karşısında tutulmasından sonra,



Bilgisayar tarafından oluşturulmuş üç boyutlu bir çizim. (üstte)

Elektronika-100 mini bilgisayarına ve bu mini bilgisayar yoluyla yüksek hızlı bir ana bilgisayara bağlı olan Sovyet yapısı «Delta» grafik görüntüleyici üstünde, ışıklı kalem kullanan bir operatör. (altta)



British Leyland firmasının tasarımcıları tarafından kullanılan bir IBM 2 250 görüntüleyicisi. (üstte)
Kalp kapakçıklarındaki hastalıkları görüntüleyen bir bilgisayar. (altta) Bu görüntüleyici, NASA tarafından geliştirilen tıbbi sistemin bir parçasıdır.

elektron ışını ekranı tararken, fotosel, kısa bir ışık parlamasını algılar ve bilgisayar, bu sinyalle, tarama ışını ile kalemin konumu arasında bir ilişki kurar.

İzleme çaprazı, bilgisayardaki *izleme programı* tarafından oluşturulur. Işıklı kalemin aralığı, bir kezde çaprazın yalnızca bir bölümünü izleyecek biçimde ayarlanmıştır. İzleme programı, çaprazı, merkezi her zaman ışıklı kalemle aynı noktada olacak biçimde hareket ettirir. Böylece operatör, çaprazı, ışıklı kalemle ekran boyunca hareket ettirebilir.

Işıklı kalem kullanarak çizim yapmada iki yöntem vardır. Birinci yöntemde, bilgisayar, katot ışını tüplü ekranda bir kareli görüntü ya da matris gösterir. Işıklı kalemle bu noktalardan ikisi bilgisayara belirtilir ve operatör, klavyedeki bir düğmeye basar. Bilgisayar, katot ışını tüpüne, bu iki nokta arasına bir çizgi çizmesi için bir komut verir. Bu işlemin ekrandaki uygun noktalar için yinelenmesiyle, bütün bir çizim yapılabilir. Çember ve yaylar, üç nokta belirlemek, bir nokta belirleyip gerekli yarıçapı klavyeden yazmak ya da bir yayın sonucu ve yarıçapını klavyeden yazmak gibi çeşitli yöntemlerle çizilebilir.

İkinci yöntemde noktalar belirtilmez. Çizgi çizmek için, ışıklı kalemle, istenen çizginin iki ucu, izleme simgesi hareket ettirilerek belirtilir. Uygun düğmeye basıldığında, çizgi çizilir. Çember ve yaylar, birinci yöntemdekine benzer biçimde çizilir.

Uygun programlar kullanılarak, kaba hatlarıyla verilen bir şekil, çok daha incelikli çizimlere dönüştürülebilir. Çizimi ekranda, eksenleri çevresinde döndürmek ve üç boyutlu görüntüsü gibi çeşitli görüntülerini elde etme olanağı da vardır.

İzleme topları: İzleme çaprazını ya da noktasını hareket ettirmedeki başka bir yöntemde de, izleyici toplar kullanılır. Görüntü biriminin klavyesinin yanına, serbestçe dönebilen bir küre yerleştirilmiştir. Topun dönüşü, noktanın x ve y koordinatlarını belirleyen iki potansiyometre birimini harekete geçirir. Topun hareketi, potansiyometrelerin göreceli olarak durumunu değiştirdiğinden, bilgisayar da uygun biçimde, noktanın konumunu değiştirir. Bazen top yerine, iğne uçlu bir çubuk kullanılır.

Uygulamalar: Alfasayısal görüntüleyiciler, uzman olmayan kişilerin bilgisayardan bilgi almasını gerektiren yerlerde elverişlidir. Bu nedenle bankacılık, sigortacılık, borsa işleri, turizm ve otel işletmeciliğinde kullanılırlar.

Grafik görüntüleyiciler mühendislik alanında kullanılır: Elektronik ve entegre devre çizimleri; petrokimya borularının yerleştirilmesi; vb. Grafik görüntüleyiciler, çince ve arapça gibi, gösterilmesi güç olan harfler için de kullanılır. Alfasayısal sistem, bunların gösterilmesine elverişli değildir.

Görüntü ekranında oluşan grafiğin kalıcı kayıtı, ya ekranın fotoğrafı çekilerek ya da videoteyp kaydedicilerle elde edilebilir. Bu aygıt, teknik ve bilimsel uygulamaların yanı sıra, yaratıcılık isteyen alanlarda da (sözgelimi çizgi filmler üretiminde) çeşitli olanaklar sağlar.

GRAFİT Bk. KARBON VE OKSİTLERİ

GRAMOFON Bk. PİKAP

GRAVİMETRE Bk. YERFİZİĞİ

GRAVİTASYON Bk. YERÇEKİMİ

GUANO Bk. GÜBRE

GUERİCKE, OTTO VON (1602 - 1686)

Hava pompasını bulmasıyla ve vakum deneyleriyle tanınan Alman fizikçi ve mühendis Otto von Guericke, politikacı olmayı amaçladığı için Leipzig,

Helmstedt ve Jena üniversitelerinde hukuk eğitimi gördü. Bu çalışmaları Leiden'de de sürdürdü; ama orada aynı zamanda, matematik ve mühendislik derslerine de katıldı.

Öğrenimini tamamladıktan sonra Guericke, doğduğu kente (Magdeburg) döndü ve 1626'da Belediye Meclisi üyesi oldu. Ama kentin, Otuz Yıl savaşlarında nerdeyse bütünüyle yıkılmasından sonra, 1631 Mayısında kentten uzaklaştırıldı. Sırasıyla Braunschweig'da, Erfurt'ta ve Saksonya bölgesinde mühendislik yaptı.

Bir süre sonra Magdeburg'a dönerek, 1646-1676 döneminde Belediye Başkanı oldu. 1666'da topluma yaptığı hizmetler göz önüne alınarak, kendisine «von» unvanı verildi.

Guericke, bilimsel deneylerine ancak 1646'da başladı; ama boşluğun özelliği ve vakum elde etme olasılığı konusundaki tartışmalar üstünde, uzun bir süredir düşünmekteydi. Guericke'nin zamanında iki geçerli sav vardı: Temelde metafizik tartışmaları üstüne kurulmuş olan ve Fransız düşünür Descartes ta-

Guericke'nin gravürü. (sağda üstte) Experimenta Nova (1672) adlı yapıtından alınmıştır. Guericke, vakumun gücünü göstermek için yaptığı ünlü Magdeburg deneyinde, havası boşaltılmış bir kürenin, atlarla çekilince bile ikiye ayrılmadığını kanıtlamıştır. (altta)

rafından XVII. yüzyılda savunulan birinci kuramda, vakum elde etmenin olanaksız olduğu, uzayın her yanının maddeyle kaplı olduğu öne sürülüyordu. Atmosfer basıncı konusundaki bilgiler ile GALİLEİ, TORRİCELLİ, vb.'nin yürüttüğü deneylere dayanan ikinci sav ise, vakumun var olabileceğini belirtiyordu.

Guericke, sorunu deneysel yoldan çözmeye çalıştı. Önce iyice kapatılmış bir bira fıçısından, emme pompasıyla su çekmeye çalıştı; ama havanın içeri sızdığını gördü. Sonra bir bakır küreden, havayı doğrudan doğruya pompalayarak çekmeye çalıştı. Küre içeri çöktü: bu deney, vakum elde etmenin olanaksız olduğu düşüncesini destekliyordu. Ama bu sonuçla yetinmeyen Guericke, kendi geliştirdiği hava pompasını kullanarak, deneyi yineledi ve kısmi bir vakum elde etmeyi başardı (söz konusu pompa, daha sonra BOYLE tarafından geliştirilerek, ünlü deneylerde kullanıldı). 1657'de Guericke, *Magdeburg* deneyini gerçekleştirdi Bu deneyde, bakırdan yapılmış iki büyük yarımküre birbirine geçirildi ve içindeki hava boşaltıldı. Ardından iki yarımküre, atlarla karşıt yönlere çekilerek, kürenin ikiye ayrılmadığı gösterildi.

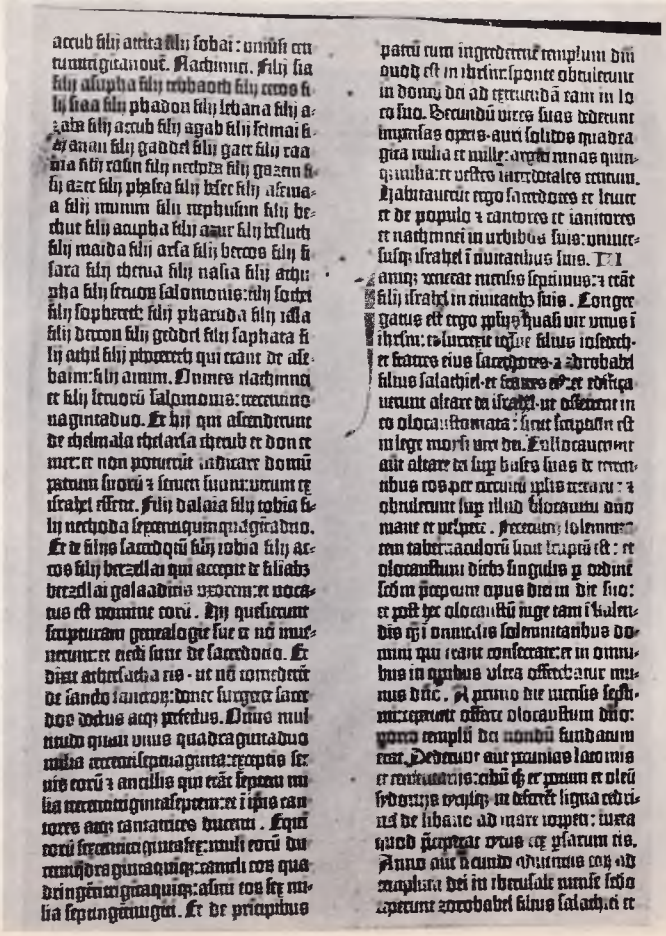
Guericke, fiziksel evren ve buna ilişkin olayların bir bütün olarak açıklanmasıyla da ilgileniyordu. Özellikle gezegenlerin hareketlerinin magnetik kuvvetle açıklanabileceğine inanmaktaydı. Dünya'nın magnetik özelliklerini açıklama amacıyla, kükürtten bir küre yaptı ve sürtünmeyle statik elektrik elde ederek, kürenin çekim gücünü izledi. Ne var ki, elektrik ve magnetik etkiler arasındaki farkı göremedi.

1681'de vebaya yakalanmamak için Magdeburg'dan ayrılan Guericke.Hamburg'a yerleşti ve beş yıl sonra orada öldü.

GUTENBERG, JOHANNES (y. 1394 - 1468)

Johannes Gutenberg, ayrı ayrı dökülmüş harflerin elle dizilmesiyle yapılan basım tekniğinin bulucusudur. 1394-1398 yılları arasında, Almanya'da Ren ile Main'in birleşme noktasındaki Mainz'de doğmuştur. Ailesi, soylular sınıfındandır. Yaşamının ilk yılları konusunda fazla bir şey bilinmeyen Gutenberg'in, Mainz'deki kuyumculardan, bu mesleğin inceliklerini öğrendiği sanılmaktadır. 1428'de, zanaatçı loncalarının, soylu ailelerin birçoğunu kenti terk etmeye zorlamasıyla, kentten ayrılmak zorunda kalmış ve Ren'in daha aşağısındaki Strasbourg'a yerleşmiştir.

Gutenberg'in buluşundan önce basım, üstüne bütün sayfanın oyulduğu tahta ya da pirinç bloklarla



Gutenberg'in portresi. (sağda üstte) Bu portrenin orjinali 1870'te yakılmıştır.

Gutenberg'in 1455'te bastığı 42 satırlı İncil'den bir yaprak. (sağda altta)

yapılıyordu. Bu, yavaş ve pahalı bir yöntemdi. Gutenberg'in bloklar yerine, ayrı ayrı harflerle basım ilkesine dayalı deneylere hangi koşullarda başladığı bilinmez; ama bu harflerin bulunması, basımcılığın gelişmesinde önemli bir adım oluşturdu. İlk kez ucuz, yalın ve yeniden kullanılabilir harfler yapıldı. Harf büyüklükleri standart olmaya başladı.

Strasbourg'da Gutenberg, Andreas Dritzehn ve Andreas Heilmann'la ortak olup, onlara önce yeni bir ayna yapım yöntemi, sonra da yeni bir işlemin sırrını öğretmişti. Dritzehn 1438'de ölünce, Gutenberg, onun ortaklıkta yeralmak isteyen kardeşleriyle mahkemelik oldu. Davayı kazandı ve gizli deneylerin içeriği, duruşma sırasında açıklanmadı. Ama bu deneylerin, çeşitli genişliklerde, ayrı ayrı harfler dökebilen bir kalıpla harf dökme çalışmalarına ilişkin olduğu sanılmaktadır.

1444'te Gutenberg, deneyleri için para bulamadığından Mainz'a döndü. 1448'de avukat Johann Fust'la ortak oldu. Daha sonraki yıllarda hattat Peter Schoeffer'ın yardımıyla buluşunu geliştirdi ve ilk kitapları bastı.

Bir İncil basma konusunda Fust'la anlaşan Gutenberg, kâr amacıyla bazı belgeler ve okul kitapları da basınca, anlaşmalarının bu biçimde çiğnenmesine kızan Fust, 1455 Kasımında Gutenberg'i mahkemeye verdi ve davayı kazanarak Gutenberg'in basım araçlarına sahip oldu.

Bunun sonucunda ortaklık bozuldu. Ama ilk ve belki de en önemli kitap çoktan basılmıştı. «Kırk iki satırlı İncil» (her yaprağında 42 satır olduğu için bu adı almıştır) denen bu kitabın basımı 2 yıl sürmüş ve 1455 sonlarında tamamlanmıştır.

Fust'dan ayrıldıktan sonra Gutenberg, Mainz'de basımcılığı sürdürdü ve birçok kitapçık bastı. 1458-1459'da Bamberg'de biraz daha büyük harfler kullanarak ikinci bir İncil bastıktan (36 satırlı İncil) sonra, 1465 Ocağında Mainz'a döndü. Üç yıl sonra da öldü.

GÜBRE

Gübre, ya toprağa ya da doğrudan bitkiye uygulanır. Bitkilerin gelişmesi için gerekli maddeleri sağlar ve minerallerden yoksun toprakları verimli kılar. Bakır, bor, manganez, çinko ve silis gibi besleyici değer taşıyan birçok element, yalnızca çok küçük miktarlarda gereklidir. Ama bazı elementler daha önemlidir ve daha büyük miktarlarda kullanılır: Azot; fosfor; potasyum; magnezyum; kalsiyum; demir; kükürt.

Doğal gübre: Gübre, yapay ya da doğal maddelerden oluşmuş, yapay bir karışımdır. Doğal gübreler, hayvan dışkısı ve çeşitli bitki artıkları gibi organik maddeler içerirler. Genellikle, toprağın fiziksel yapısını geliştirmek ve ona daha iyi su tutma özelliği kazandırmak gibi ek yararlar sağlarlar. Eskiden deniz yosunu bu amaçla kullanılırdı. Günümüzde de, ağır killi toprağın parçalanmasına yardımcı olmak için, yosundan yararlanılmaktadır.

Üstteki resimde, soldaki havuçlar azot, fosforik asit, potasyum karbonat, ender elementler (magnezyum, demir, manganez, molibden, bor, çinko, bakır, kobalt gibi) ve büyümeyi uyarıcı maddeler içeren bir sıvı gübreyle beslenmiştir. Sağdakiler ise, gübrelenmemiştir.

Doğal gübre, yüksek oranda azot içerir. Azot, bitkinin büyümesi için gerekli olan önemli bir maddedir. Atmosferdeki azot normal olarak doğrudan kullanılamaz. Toprakta ya da bazen bitki köklerindeki yumrucuklarda bulunan bakterilerin aracılığıyla, bitkilerin kullanımına uygun hale dönüştürülür. Bitki, azotu, ancak kimyasal bir bileşiğe girmesinden sonra kullanabilir. Doğal gübrelerin çoğu, *kompostolama* yöntemiyle üretilir. Kompostolama, hayvansal ya da bitkisel maddelerin, bakterilerce parçalanmasını sağlayarak, bitkiler tarafından kolayca özümlenebilecek hale dönüştürülmesi işlemidir. Doğal gübrede azot miktarının yüksek olmasını sağlayan, bu işlemdir.

Modern hayvan çiftliklerinde, büyük miktarda artık madde ortaya çıkmaktadır. Çoğu, yarı sıvı sığır dışkısı ve tavuk pisliği biçiminde olan bu artık maddelerin, çevre kirliliğine yolaçmadan yok edilmesi sorun yarattığından, doğal gübre üretimi yeniden ilgi çekmeye başlamıştır. Bu çiftliklerde ortaya çıkan artıklar, yapay havuzlarda ya da çukurlarda toplanır. Çukurda katı maddeler dibe çöker, öteki maddeler de bakteriler tarafından parçalanır. Azot bakımından zengin olan bu doğal madde, tarım alanlarının gübrelenmesinde kullanılır. Lağımların temizlenmesinden arta kalan sulu çamur da, yaygın olarak kullanılan bir doğal gübre türüdür ve özellikle bahçıvanlıkta çok yararlı olur. Bitki ve hayvan artıklarının büyük bir bölümü bu yolla yeniden çevrime gi-

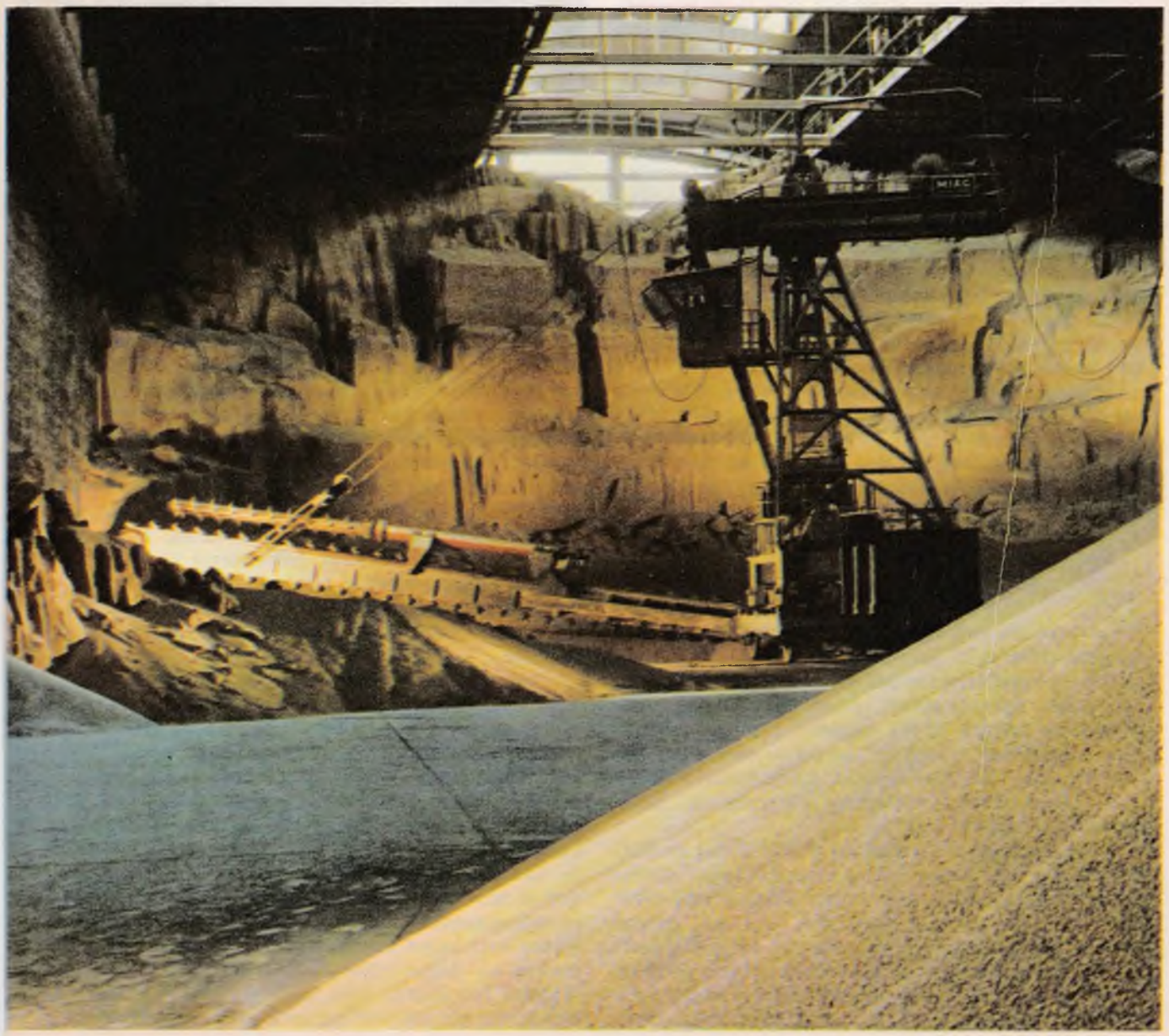
rer. Bazı bitki türleri de, biçilip gübre olarak kullanılmak için özel olarak ekilir.

Doğal gübrelerin içerdiği azot miktarı değişken, öteki elementler de genellikle yetersizdir. Bu yüzden yerlerini, büyük ölçüde yapay gübrelere bırakmışlardır. Yapay gübrelerde, azotun ve öteki elementlerin miktarları dikkatle denetlenir.

Yapay gübreler: Amonyum sülfat [$(NH_4)_2SO_4$] ve amonyum nitrat (NH_4NO_3) azotlu gübrelerdir. Büyük miktarlarda, oldukça ucuza hazırlanabilirler ve doğal gübrelerin tersine, depolama ve ekinlere uygulama açısından sorun çıkarmazlar. Amonyum nitrat, amonyak gazının nitrik asitle tepkimeye sokulmasıyla elde edilir. Amonyum sülfat, amonyak gazının sülfürik asitle tepkimesi sonucu ya da kalsiyum sülfat ve amonyum karbonat çözeltisinin tepkimesiyle elde edilir.

Fosfor, çoğunlukla toprakta yeterli miktarlarda bulunmayan başka bir önemli elementtir. Toprağa kemik unu (tozu) biçiminde verilebilir. Kemik unu, kemiklerin, içlerindeki öteki değerli maddeler çıkarıldıktan sonra öğütülmesiyle elde edilir. Günümüzde fosfor, genellikle süperfosfat ya da üçlü süperfosfat biçiminde kullanılmaktadır. Süperfosfat, doğal fosfat kayalarının sülfürik asitle işleme sokulmaları sonucu üretilir ve yaklaşık % 20 fosfor içerir. Üçlü süperfosfat, fosfat kayasının fosforik asitle tepkimesi sonucu ortaya çıkar ve % 50'ye yakın

Azot, fosfat ve potasyum karbonattan oluşan taneli bileşik gübre, üretimden sonra bu büyük silolara konveyörlerle taşınır. Silolardan, ekskavatörle torbalara alınır.



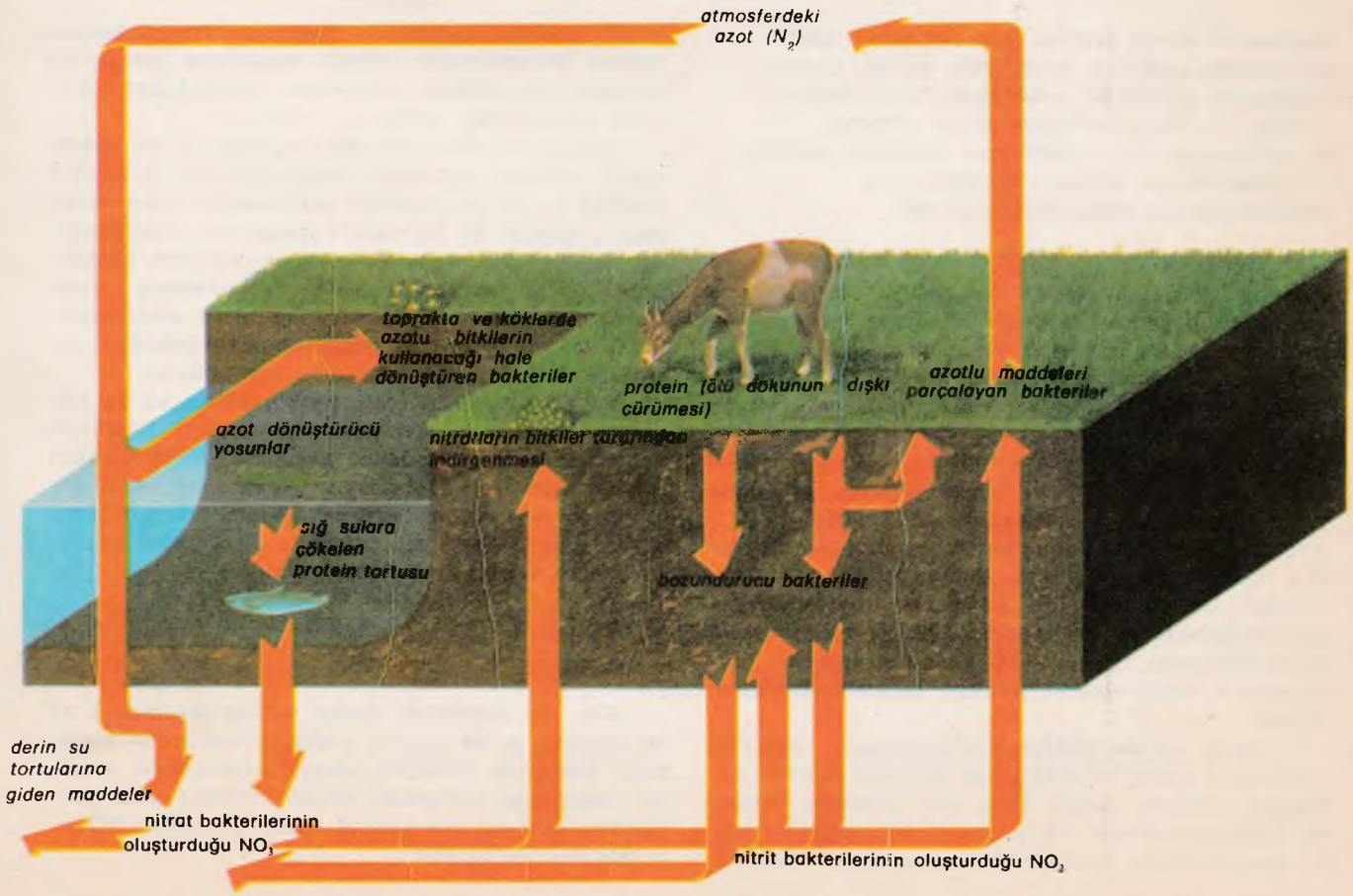
fosfor içerir. ÇELİK ÜRETİMİ'nde bir yan ürün olan bazik cüruf da bir fosfor kaynağıdır. Fosfor, bitki kökünün iyi büyümesini ve erken olgunlaşmayı sağlaması açısından önemlidir.

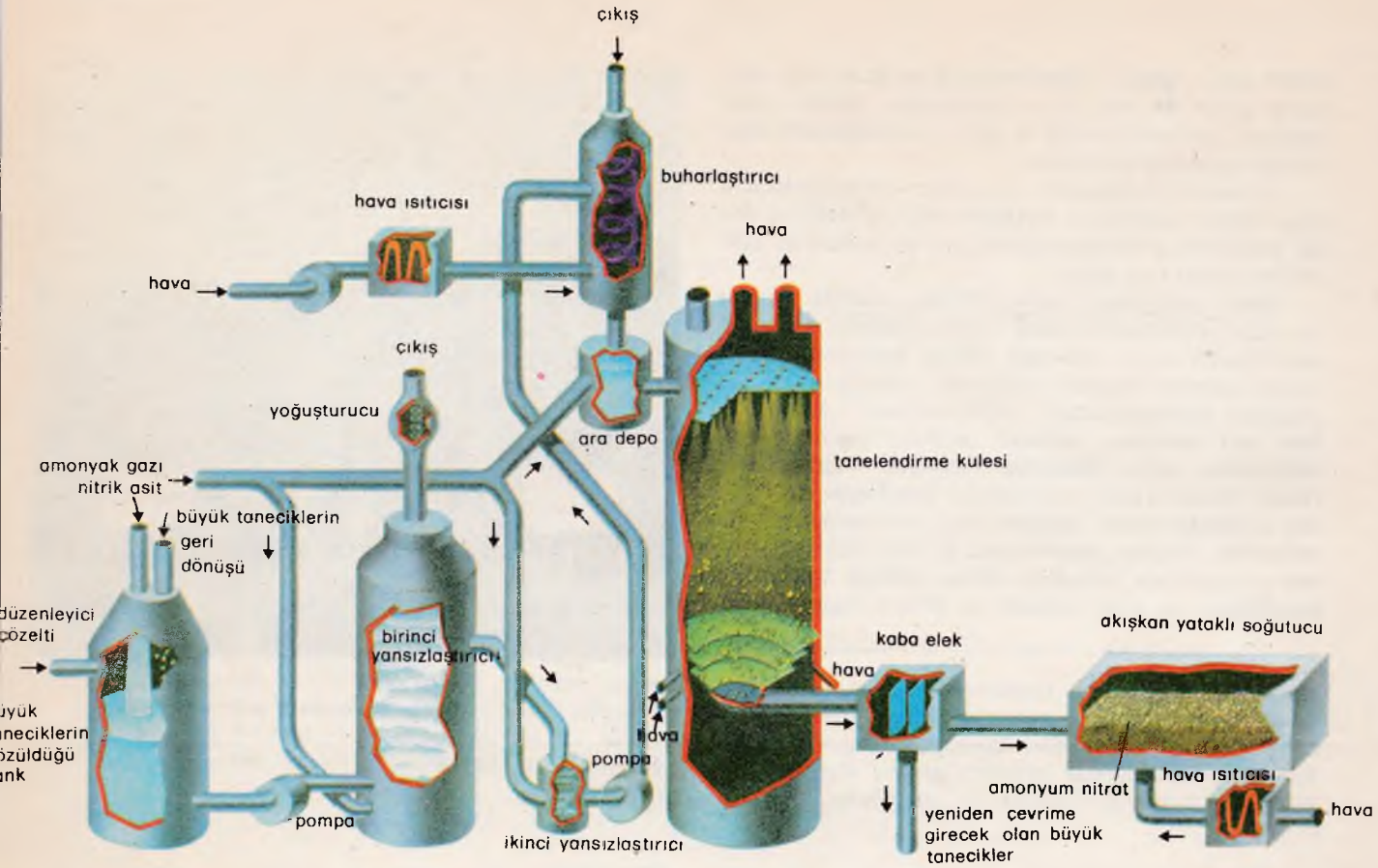
Potasyum, büyümeyi hızlandırır ve hastalıklara karşı direnç sağlamada yardımcı olur. Genellikle doğal potasyum sülfattan (K_2SO_4) ya da potasyum klorürden (KCl) elde edilir.

Bitki tarafından kullanılabilme özelliği: Yapay ve doğal gübreleri, bitkiler farklı hızlarda kullanırlar. Bitkiler doğal gübreleri, kökler tarafından soğurulan çözünür kimyasal maddeler halinde parçalanmadıkça kullanamazlar. Bahçıvanlıkta kullanılan bazı sıvı gübreler, yalnızca çözünür besinler içerdiklerinden, hızla soğurulup kullanılır. Yaprak gübreleri, toprak yerine yapraklara uygulanır ve bitkinin soluduğu küçük delikler olan «*stoma*»lar yoluyla soğurulur. Yaprak gübrelerinin % 90'ı, bitki tarafından soğurularak kullanılır. Oysa toprağa uygulanan gübrelerde, bu oran yalnızca % 10'dur. Yaprak güb-

Üstteki resimde, bileşik gübrelerin kullanımına bir başka örnek verilmiştir. Soldaki gübreyle büyüyen arpalar ile sağdaki bitkiler arasındaki fark, gübrenin bitki büyümesi üstündeki etkisini açıkça göstermektedir.

Azot çevrimi. (altta) Atmosferdeki azot, azotu dönüştüren bakteri ve yosunlar tarafından toprağa alınır. Bitkiler, azot bileşiklerini protein üretiminde kullanırlar. Hayvanlar bitkileri yerler; dışkıları bir kez daha bakteriler tarafından parçalanır.





Amonyum nitrat üretimi. (üstte) Nitrik asit, düzenleyici çözeltiyle birleştirilir ve iki aşamalı kaynatma işleminde, amonyakla yansızlaştırılır. Oluşan % 89'luk amonyum nitrat çözeltisi, buharlaştırılıp, tanelendirici ve soğutucu kulenin içine püskürtülür. Katılaşmış gübre, artık paketlenmeye ve saklanmaya hazırdır.

relerine ayrıca, büyümeyi hızlandıran maddeler ve topraktan doğrudan doğruya alınamayan ender elementler gibi maddeler de katılabilir. Normal gübrelere oranla pahalı olmalarına karşılık bu gübreler, özellikle çiçekçilikte çok iyi sonuçlar verir.

Gübrelemenin sık sık yinelenmesini önlemek için, gübrelerin yavaş etki edecek biçimleri yeğlenir. Doğal gübre gibi azot içeren organik gübrelerin çoğu, toprakta yavaş parçalanırlar. Toynak ve boynuz unu, ağır etki eden, azotlu bir doğal gübredir. Üre [$CO(NH_2)_2$] yavaş etki eden yapay bir azot kaynağıdır. Günümüzde üre genellikle formaldehitle, krotonaldehitle ya da izobütiraldehitle birleşmiş biçimde kullanılır. Gerçekte bu maddeler, toprakta parçalanarak üreyi serbest bırakan reçinelerdir (plastikler).

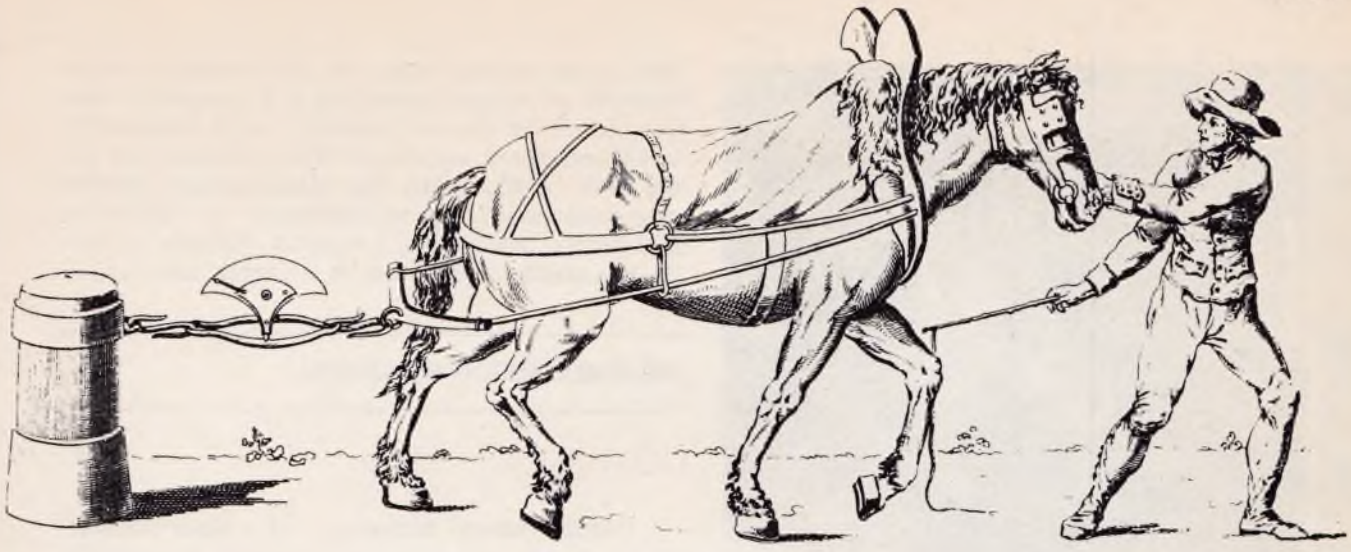
Toprak ya da bitkiye uygulanması: Gübreler, çoğunlukla taneli biçimde ya da tabletler halinde hazırlanır. Böylece, temel besin maddelerinin dengeli bir karışımı sağlanır. Daha önce belirlenmiş bir hızda parçalanarak, büyüyen bitkiye gerekli maddeleri veren tabletler yapılabilir. Bazı bitkiler, büyümenin değişik dönemlerinde, değişik maddelere gereksinim duyarlar. Bu yüzden, gübreleme zamanlarının dikkatle ayarlanması gerekir.

Yapay ve doğal gübreler, toprağa ya da bitkiye çeşitli yollarla uygulanır. Doğal gübreler, genellikle toprağa yayılır ve toprağın sürülmesiyle iyice karışması sağlanır. İyi bir azot kaynağı olan sıvılaştırılmış hayvan dışkısı, bazen çayır ve otlaklara püskürtülür. Ancak bu işlemin, hayvanlar arasında hastalık salgınlarına yolaçabileceği ve besin zehirlenmelerine neden olan bazı organizmalar yüzünden, insanlara zararlı olabileceği ileri sürülmüştür.

Yapay gübrelerin çoğu, püskürtülerek ya da mekanik yöntemlerle serpilerek uygulanır. Sözgelimi, Yeni Zelanda'da ulaşılması güç geniş ekim alanları üstüne uçaklarla süperfosfat uygulanmış ve bölgenin bitki örtüsünün değişerek, koyun üreticiliğine uygun hale gelmesi sağlanmıştır. Çiçekçilikte gübreler, genellikle püskürtücülerle uygulanır.

GÜÇ

Güç, «*iş yapabilme oranı*» olarak tanımlanır ve bir makina ya da aygıtın değerini belirtmede kullanılır. Enerjinin dönüşüm oranıyla (sözgelimi, elektrik motorunda elektriksel gücün mekanik güce çevrilmesi) aynı olan iş yapma oranı, genellikle DİNAMOMETRE'yle ölçülür.



Edme Regnier dinamometresiyle bir atın beygirgücünün ölçülmesi. (üstte) Dinamometreler, güç ya da kuvveti ölçebilirler.

Sudan güç elde edilmesi. (altta) Bu durumda, güç elde etmede, suyun kinetik enerjisinden, yani akan suyun taşıdığı hız enerjisinden yararlanılır. Çarktan ayrılan suyun enerjisi de azalmıştır.

Bilimsel bağlamda kullanılan «güç» sözcüğü, günlük yaşantıda kullanılan «güç» sözcüğünden pek farklı değildir. Güçlü bir adamın, belirli bir işi, güçsüz bir kişiden daha çabuk bitirmesi beklenir; güçlü bir bilgisayar da, bir saniyede daha çok hesap yapabilir.

Kuvvet, iş ve güç: Örnek olarak pille çalışan ve yük kaldıran bir motor ele alınırsa, ilk düşünülecek nokta, motorun kaldıracağı en büyük ağırlıktır. Buradaki yük, bir «kuvvet»tir ve newton *(N)* cinsinden ölçülür. İkinci önemli nokta, pil bitene kadar motorun ne kadar iş yapacağıdır. Yapılan iş, kaldırma kuvveti ile kaldırılan yüksekliğin çarpımına eşittir. İş ile ENERJİ aynıdır. İş de newton-metre *(Nm)* cinsinden birimlerle ölçülür. Uluslararası enerji birimi juldür (J) ve 1 newton-metre olarak tanımlanır.

Sözgelimi, kaldırılacak yük 100 *N* ağırlığındaysa ve pil bittiğinde 100 metre yükseğe çıkarılmışsa, yapılan iş 10 000 *J*'dür. Motorun yaptığı bu iş, yükün kazandığı enerjiyle eşdeğerdir (örnekte, potansiyel enerjiyle eşdeğer; Bk. DİNAMİK). Motor, elektrik enerjisini % 100 verimle mekanik enerjiye dönüştürebiliyorsa (ideal durum), yükü kaldırmadan önce pilde depolanmış olan enerji de 10 000 *J*'dür.

Buraya kadar, işin yapılma hızını göz önüne almadık. Oysa bir makinadaki üçüncü önemli etmen, işi yapma hızıdır. Bu etmene makinanın gücü denir. Gücün temel tanımı şöyledir:

$$\text{Güç} = \text{yapılan iş/geçen zaman}$$

Ne var ki yapılan iş, uygulanan kuvvet × aşılan yol olduğundan,

$$\text{Güç} = \text{uygulanan kuvvet} \times \text{hareket hızı}$$

biçiminde de verilebilir. Gücü hesaplamada bu formüllerden herhangi biri kullanılabilir. Yukarıdaki örnekteki yük 5 dakikada (300 san) yükseltilmişse, o zaman motorun ürettiği güç, saniyede yaklaşık 33 juldür (33 Js^{-1}). Herhangi bir hızda yapılan toplam

Otomobil frenlerinden açığa çıkan gücün ölçülmesi Bu güç arabanın durma hızını belirler. Frenler, hareketin kinetik enerjisini, ısı enerjisine dönüştürürler.

işin aynı kalmasına karşılık, yükü daha hızlı kaldırmak için, daha çok güce gerek olduğu açıkça görülmektedir.

Elektriksel güç: Elektriksel güç çoğunlukla watt olarak belirtilir. Bir watt (1 *W*), bir saniyede 1 jullük güce eşittir. DİRENÇ ÖĞESİ gibi elektrik öğeleri söz konusu olduğunda, harcanan güç, gene watt cinsinden belirtilir. Buradaki güç, direnç öğesinden geçen akım şiddeti ile uygulanan gerilimin çarpımına eşittir. Ohm yasasına göre, direnç öğesinin uçları arasındaki gerilim *(V)*, devre öğesinden geçen akım şiddeti *(I)* ile direncin *(R)* çarpımına eşittir. Böylece, bir direnç öğesinin çektiği güç (ısı biçiminde açığa çıkar), I^2R ya da V^2/R'ye eşittir. 48 ohm'luk bir direnç 220 volta bağlandığında, 4,6 amper akım çekecek ve gücü 1 000 watt (1 kW) olacaktır. Direnç öğeleri, kullanılmaları sırasında fazla ısınıp erimeyecek biçimde seçilmelidir.

Saniyede 1 milyar jullük enerji veren yakıtla çalıştırılacak, 1 000 megavatlık (1 000 MW) bir elektrik santralı 1kW'lık bir milyon elektrik sobasını besleyebilir. Bu durumda, 220 voltluk şebekeden, toplam dört buçuk milyon amper çekilecektir.

Beygirgücü: Bir güç birimi olan beygirgücü *(BG)*, yakın döneme kadar en çok kullanılan birimlerdendir ve yaklaşık olarak 750 W'a eşdeğerdir. Uzun süre çalışabilen bir atın ortalama gücü, gerçekte 0,6 ile 0,7 beygirgücü arasındadır. Yüz yıl kadar önce James Watt, araştırmaları için zaman zaman kuvvetli atlar kullanmıştır. 100 beygirgücünde ve 1 kV'la çalışan bir elektrik motoru, 1 m/sn'lik bir hızla 7,5 tonluk bir ağırlığı kaldırırken 75 amperlik akım çeker.

GÜDÜMLÜ MERMİ Bk. MERMİ

GÜMÜŞ

Gümüş (atom numarası 47; atom ağırlığı 107,88; simgesi *Ag*) beyazımsı gri renkli bir metaldir. Bu özelliği ve parlaklığı nedeniyle, gümüşe, latince beyaz ve parlak anlamına gelen «*argentum*» adı verilmiştir. Gümüşün kimyasal simgesi olan *Ag*, latince adının kısaltmasıdır.

Yükseltgenmediği için gümüş, bir bileşik olarak değil, doğal haliyle, yani metal biçiminde bulunabilir. Bu yüzden, insanoğlunun bulduğu ve kullandığı ilk metallerden biridir. İ.Ö. 4000 yıllarından kalma mezarlarda, gümüş eşyalar bulunmuştur.

Filiz ve ayrıştırma: Günümüzde doğada serbest halde bulunan gümüş, ticari bakımdan yeterli sayılacak miktarda değildir. *Arjantit* mineralini (gümüş sülfür, Ag_2S) içeren filizlerin hâlâ işletilmesine karşılık, gümüşün büyük bir bölümü BAKIR, NİKEL ve KURŞUN'un elde edilmesi ve arıtılması sırasında, bir yan ürün olarak elde edilir.

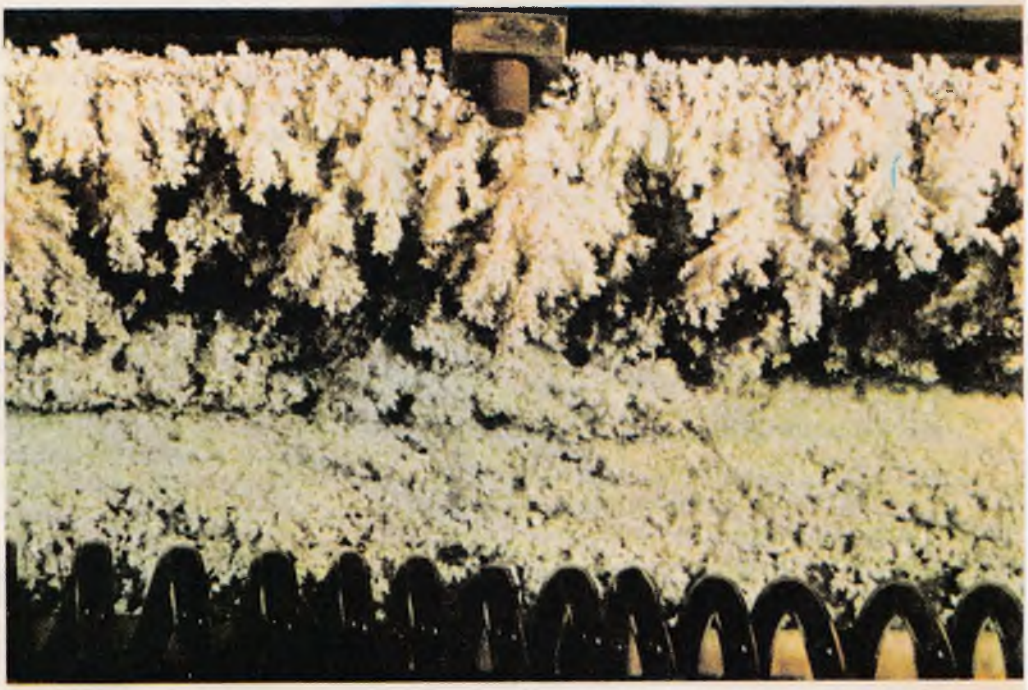
Gümüşü filizlerinden elde etme yöntemlerinde ilk önemli adım, XVI. yüzyılın başlarında, İspanyollar tarafından Meksika gümüş madenlerinin açılmasından hemen sonra atıldı. *Amalgamlama* yöntemi (bazen «avlu yöntemi» de denir) adı verilen bu işlem, toz halindeki filizi, tuz *(NaCl)*, kavrulmuş bakır sülfür *(CuS)* ve suyla karıştırmaya, ortaya çıkan çamuru da bir taş zemin üstüne yaymaya dayanıyordu. Tuz ve bakır oksit, bakır klorürün oluşmasını sağlıyor, bakır klorür de gümüş sülfürle tepkiyerek, gümüş klorür *(AgCl)* veriyordu. Gümüş klorür daha sonra CIVA'nın katılmasıyla metale indirgenirdi. Bu işlem pek verimli değildi ve cıva yitimleri son derece büyüktü (gümüş filizi işletmek için, cıva filizi de bulunması gerektiği söylenirdi). Amalgamlama yöntemi, bazı bölgelerde XX. yüzyılın başına kadar kullanılmasına karşılık, yerini genellikle, *Von Patera yöntemi* gibi daha verimli işlemlere bıraktı. Von Patera yönteminde filiz, % 7 oranında katılan kayatuzuyla ısıtılır ve sodyum tiyosülfat çözeltisiyle ıslatılır (fotoğrafçılıkta kullanılan tespit işlemine benzer).

Gümüşü ayırmada Von Patera işleminin yerini alan *siyanürleme* yöntemiyse, ALTIN için kullanılan yönteme benzer. Gümüş filizi, sodyum siyanürün derişik bir çözeltisiyle hava ortamında çözülür. Çözel-

Gümüş külçelerin ağırlıklarının denetlenmesi. (üstte solda)

Yüksek arılıkta gümüş, elektrolizle arıtma işlemiyle elde edilir. Resimde (üstte sağda), arı olmayan gümüşün, arıtma işlemi için, bir anot halinde dökülmesi görülmektedir.

Amyant bir taban üstüne yığılmış bir gümüş katalizör, metanolün önemli bir endüstri hammaddesi olan formaldehit verecek biçimde yükseltgenmesini başlatmak için kullanılır. (sağda)



ti süzülür ve metal, çinko tozu katılarak yeniden çökeltilir:

$$\underset{\text{arjantit}}{Ag_2S} + 4NaCN + 2O_2 \longrightarrow \underset{\text{sodyum siyanür}}{2NaAg(CN)_2} + \underset{\text{sodyum sülfat}}{Na_2SO_4}$$

(sodyum siyanür: sodyum; oksijen (havadan); sodyum gümüş siyanür)

$$2NaAg(CN)_2 + Zn \longrightarrow Na_2Zn(CN)_4 + 2Ag$$

(sodyum gümüş siyanür: sodyum; çinko tozu; sodyum çinko siyanür; gümüş)

Elektroliz yöntemleriyle arıtılan (Bk. ELEKTROLİZ) bakır ve nikel gibi baz metallerin çoğu, bir miktar gümüş de içerir. Gümüş genellikle elektrolitte çözünmez; altın, platin ve öteki değerli metallerle birlikte, anot çamurunun bileşenleri arasında yeralır. Çamur toplanır ve baz metallerin (artıklar) elden geldiğince büyük bir bölümünün ortadan kaldırılması için, kavurma, ıslatma ve eritme süreçlerinden geçirilir. Bu karışım daha sonra anot biçiminde dökülür ve elektroliz yoluyla gümüşün, karbondan ya da arı gümüşten yapılan katotlarda birikmesi sağlanır. Elde edilen gümüş, 999 ayardan daha arıdır (% 99,9 arılıkta). Öteki değerli metaller, anot çamuru olarak toplanır.

Kurşun filizi, bir başka önemli gümüş kaynağıdır. «*Parkes yöntemi*» adı verilen yöntemde, gümüş, eritilmiş kurşun külçelerinden erimiş çinko içine, sıvı faz ayırımı işlemiyle alınır.

Özellikleri ve kullanılması: Gümüş, en iyi ısı ve elektrik iletkenliğini bir arada taşımasıyla, metaller arasında tektir. Yetkin ısı iletkenliği (bakırdan % 34 daha iyi), sıcak çayı gümüş kaşıkla karıştıran herkesin bildiği bir niteliktir. En iyi elektrik iletkeni olması da (bakırdan yalnızca % 5 daha iyi) bazı durumlarda (sözgelimi, yalnızca yüzey tabakada akan yüksek frekanslı akımı taşıyan tellerin kaplanmasında) kullanılmasını zorunlu kılar. Elektrik düğmele-

Elde yapılan gümüş eşyalardan örnekler. (üstte) Çarmıhta İsa heykelciği ve şamdanlar, XVI. yüzyılın sonunda Salzburg'da yapılmıştır ve gümüşün iyi biçim verilebilme özelliğini yansıtmaktadır.

rinde kullanılması, iletkenliğinden çok, ince levhalar halinde yüzeyinde oluşan oksitlerinin ve sülfürlerinin niteliklerinden ileri gelir (temas noktalarının yapışmasını önleyebilirler; ama dirençlerinin yok sayılacak kadar az olmasını sağlayacak inceliktedirler).

Gümüşün parlak görünümü, çağlar boyunca insanoğluna çekici gelmiştir. Sofra takımları ve süs eşyaları, çok yumuşak olduğundan arı gümüşten yapılmaz, genellikle % 5 bakırla karıştırılır. Kuyumculukta bakır miktarı % 20'ye kadar çıkabilir. Baz metaller, elektrolitle kaplanmış nikel gümüşünde olduğu gibi, elektroliz yoluyla gümüş kaplanabilir. Bu yöntemde, *«nikel gümüşü»* adı verilen ve bakır ile nikelden oluşan alaşım, ince bir gümüş tabakasıyla kaplanır. Gümüş kaplama yönteminin 1840'ta ortaya çıkışından önce, gümüş kaplama için başka bir yöntem kullanılıyordu: Bir bakır külçe ısıtılıp, iki gümüş plaka arasında sıkıştırılıyor, böylece iki baskı kaynağı oluşuyordu. Ortaya çıkan sandviç yapının tümü, istenen kalınlığa kadar haddeleniyor ve *Sheffield plakası* elde ediliyordu.

Gümüş, atmosferde bulunan az miktardaki kükürt tozuyla tepkimeye girince, yüzeyinde oluşan ince gümüş sülfür tabakası, metalin kararmasına neden olur. Bu tabaka ya uygun bir metal cilasıyla, ya elektroliz yöntemiyle, ya da gümüşün kalay klorürün derişik bir çözeltisine batırılmasıyla kaldırılır. İstenirse gümüş, ince bir rodyum (Bk. PLATİN GRUBU METALLERİ) tabakasıyla kaplanarak da kararması önlenebilir.

Gümüşün yansıtma niteliğinden yararlanılan başka bir uygulama da, aynaların kaplanmasıdır. Kaplanacak yüzey, gümüş nitrat *($AgNO_3$)* ve amonyum hidroksit *(NH_4OH)* karışımına batırılır. Uygun bir indirgeyici ayıraç katılmasıyla, gümüş, ayna üstüne çökelir.

Değerli bir metal olan gümüş, uzun süre para yapımında da kullanılmıştır. Ama günümüzde aşağı yukarı hiç bir ülke, bu metali «maden» paralara katmamaktadır. Günümüzde, «maden» paraların çoğu, bakır ve nikel alaşımından yapılmaktadır.

Gümüş lehimi, % 30 bakır ve % 10 çinko içeren bir gümüş alaşımıdır. Lehim olarak, erime noktası yüksek (770°C), kuvveti de fazladır. Yüksek nitelikli mühendislik çalışmalarında ve kuyumculuk endüstrisinde kullanılır.

Fotoğrafçılık: Gümüş içeren bileşiklerin en çok kullanıldığı alan, fotoğrafçılıktır. Fotoğrafçılık işlemlerinde gümüş klorür ve gümüş bromür tuzları *(AgCl* ve *AgBr)* biçiminde binlerce ton gümüş tüketilir. Bir fotoğraf görüntüsü, on binlerce küçük gümüş billurundan oluşur. Bunlar, developman sırasında, tuzun daha önce aldığı ışık miktarına bağlı olarak, halür tuzlarından çökerler. Developman, bir indirgeme tepkimesidir (Bk. YÜKSELTGENME VE İNDİRGENME) ve aşağıdaki biçimde gösterilebilir (burada developman maddesi *hidrokinon*dur):

$$2AgBr + HOC_6H_4OH \rightarrow 2Ag + 2HBr + OC_6H_4O$$

etkinleştirilmiş gümüş bromür — hidrokinon — gümüş — hidrojen bromür — kinon

Uygulamada, bu tepkimede oluşan ve asit özelliği gösteren hidrojen bromür ortaya çıkar çıkmaz, indirgeyici çözeltide bulunan sodyum karbonat (Na_2CO_3) gibi bir bazla yansızlaştırır. Developmandan sonra, görüntünün tespit edilmesi gerekir. Tespit etme, poz sırasında etkin hale geçmiş gümüş bromür artıklarının ortadan kaldırılmasıdır. Bu işlem genellikle amonyum tiyosülfat, $[(NH_4)_2S_2O_3]$ gibi çözünebilir bir kompleks oluşturan tiyosülfatla tepkimeye sokularak yürütülür:

$$AgBr + 2S_2O_3^{--} \rightarrow Ag(S_2O_3)_2^{---} + Br^-$$

gümüş bromür — tiyosülfat — gümüş-tiyosülfat kompleks iyonu — bromür iyonu

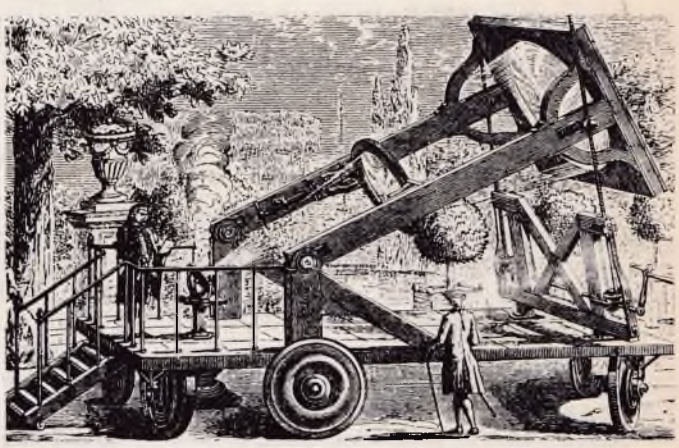
GÜNEŞ ENERJİSİ

Dünya, Güneş'ten büyük miktarda enerji alır. Yeryüzündeki canlıların tümü yaşamlarını, güneşten doğrudan ya da dolaylı yoldan aldıkları enerjiyle sürdürürler. Fosil yakıt kaynaklarının azalması, nükleer enerji santrallarının da çeşitli sorunlara yolaçması (Bk. ENERJİ KAYNAKLARI), insanları, güneş enerjisinden doğrudan yararlanma yollarını arıştırmaya itmektedir.

Güneş enerjisi rezervleri: Güneş, içindeki nükleer füzyon olayı nedeniyle, değişmez bir oranla $3{,}8 \times 10^{20}$MW'lık (380 milyon × milyon × milyon megawatt) bir enerji yayar. Bu da Güneş kütlesinden, saniyede 4 milyon tonun eksilip enerjiye dönüşmesine yolaçar. Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesi, elips biçimindedir. Bu yüzden atmosferin hemen dışında, km²'ye, güneşin yakın olduğu zamanlarda (3 Ocak) 1399 MW'lık, uzak olduğu zamanlarda ise (4 Temmuz) 1309 MW'lık enerji düşer. Dünya atmosferinin dışından bakıldığında, güneş ışığındaki enerji dağılımı, 6 000°K'deki bir karacisminkine (*karacisim*, enerjiyi yetkin biçimde soğurup salabilen bir kütledir) çok yakındır; ama bu ışınlar Dünya atmosferinden geçerken değişir. Güneş ışığı tayfındaki morötesi bileşen, 50 km yüksekteki ozon tabakasında, kızılaltı bileşenin bir bölümü de, su buharı ve karbon dioksit tabakasında soğurulur. Ayrıca, ışık demetinin bir miktarını, hava molekülleri ve toz parçacıkları dağıtır. Dağıtılmış ışığın büyük bir bölümü, yayınmış biçimde yeryüzüne ulaşır ve dalgaboyu kısa olan en çok saçılmaya uğrayacağından, gökyüzü genellikle mavi renkte görülür. Bütün bu etkilerin ortaya çıkış derecesi, Güneş'in yüksekliğine ve yerel atmosfer koşullarına bağlıdır. Bu yüzden, yeryüzünün herhangi bir noktasında güneş şiddeti ya da *güneşlenme*, mevsimlere ve günün saatlerine bağlı olarak düzenli biçimde, bulut örtüsüne bağlı olarak da düzensiz biçimde değişmektedir. Açık havada, Güneş tam tepede olduğu zaman en büyük şiddet değeri 1 000 MW/km²'dir, ama genellikle, ortalama sayılar bunun altında kalır. Yıllık en yüksek güneşlenme, tropikal bölgelerdeki çöllerde oluşur (Ekvator çevresinde, havadaki yüksek nem, güneşlenmeyi bir ölçüde düşürmektedir).

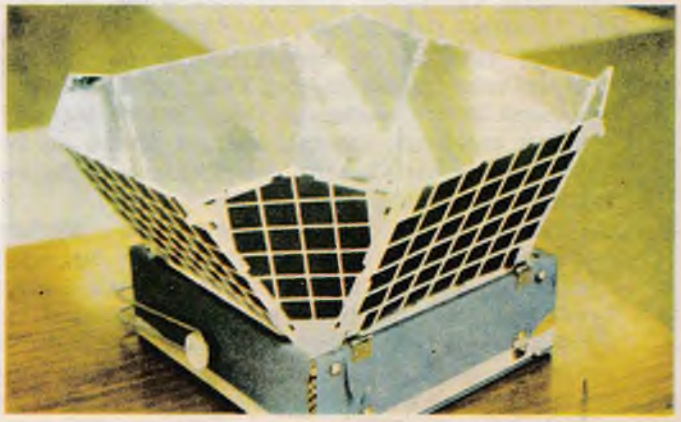
Dünya'ya düşen güneş enerjisi, kara ve denizlerin yüzeylerini ısıtır, sularda buharlaşmaya neden olur. Güneş'ten gelen bu enerjinin yalnızca çok küçük bir oranı (% 2'den az), ya rüzgar ve dalga gibi mekanik enerjiye dönüşür ya da kimyasal enerji deposu olarak, fotosentez (ışılbireşim) yoluyla bitkilerde toplanır. YEL DEĞİRMENİ ve benzeri KORUNUM TEKNOLOJİSİ araçlarıyla bu enerjinin bir bölümü kullanılabilirse de, güneş enerjisinin bu türünden şimdilik tam anlamıyla yararlanıldığı söylenemez. Yeryüzüne on beş gün içinde, dünyadaki kömür, gaz ve petrol kaynaklarının toplamı değerinde güneş enerjisi düşer. Ancak, önemli oranda enerji toplayabilmek için, çok büyük alanları kapsayan toplayıcılara gerek vardır.

Güneş enerjisiyle su ısıtma: Güneş enerjisi, ışığı soğuran siyah bir cisme düştüğü zaman, ışınım enerjisi, düşük sıcaklıktaki ısıya dönüşerek cismi ısıtır. Güneş ısısından, çok kullanılan yalın bir yöntemle yararlanma olanaklarından biri de, düzlemsel toplayıcılar kullanarak evlerin sıcak su gereksinimini karşılamaktır. Günümüzde, başlıcaları Japonya, İsrail ve Avustralya olan birçok ülkede, milyonlarca toplayıcı kullanılmaktadır. Toplayıcı birimler genellikle metal plakalardan oluşur ve birer yüzleri siyaha boyalıdır. Suyun akması için, plaka yüzeyine ya da arasına boru döşenir. İletim yoluyla ısı yitimini önlemek için, plakanın arkası yalıtılır. Taşınımdan doğacak ısı kaçaklarının engellenmesi amacıyla da, plakanın ön yüzü, birkaç cm'lik hava boşluğu bırakıldıktan sonra, cam plaka kapatılarak yalıtılır. Toplayıcılar, Kuzey yarıkürede güneye, Güney yarıkürede de kuzeye bakacak biçimde, yerin enlemine eşit bir açıyla eğimli olarak yerleştirilir. Böylece toplayıcı yüzeyi, ortalama güneş ışığı doğrultusuna dik tutulmuş olur.



Herhangi bir büyüteç, güneş ışıklarını bir araya toplar. Resimde (üstte) görülen bu dev büyüteç, XVIII. yüzyılda Lavoisier ve arkadaşları tarafından, yüksek sıcaklık isteyen deneylerde kullanılmıştır.

Bu portatif fırının (altta), yansıtıcı yüzeyleri, güneş ışınlarını merkezde toplamaktadır.



Doğrudan ya da yayınma yoluyla gelip cam plakayı geçen güneş ışını, metal yüzeyi ve suyu ısıtmaya başlar. Güneşlenmenin çok zayıf olduğu zamanlarda sistemi devre dışı bırakmaya yarayacak uygun bir TERMOSTAT kullanılır. Bu tür bir sistemle, dünyanın güneşli bölgelerinde evler için yeterli sıcak su sağlanabilir. Bununla birlikte, uzun süren bulutlu havalarda da sıcak su verebilmek için, su tankı içine genellikle ısıtıcılar yerleştirilir.

Toplayıcıların ortalama ısıl verimi, yani üstlerine düşen ısı miktarının elde edilen ısı miktarına oranı, % 45 — % 65 arasındadır. Sistemin bütün parçaları iyi yalıtılmış olsa bile, en önemli ısı yitimi, toplayıcının ön yüzünde ortaya çıkar. Cam, görünür ışığı geçirmesine karşılık, kızılaltı ışınlara karşı geçirimsizdir. Bu nedenle, toplayıcıdaki ısı kaçağını azaltmaya yardımcı olur. Yani, güneş ışını camdan içeri girebilir; ama sıcak toplayıcıdan çıkan uzun dalgalı ısıl ışınım, dışarı kaçamaz. Sistemi daha verimli hale getirmek için, cam örtü ile metal plaka arasındaki hava boşaltılır; böylece (tıpkı TERMOS'larda olduğu gibi), iletim ve taşınım yitimleri önlenir. Ayrıca metal yüzey, *seçici yüzey* haline getirilir. Seçici yüzeylerin özellikleri, camın özelliklerine ters yapıdadır: Görünür ışını yeterli oranda soğurup, uzun dalgaboylu kızılaltı ışınların büyük bir bölümünü soğurmaz ve salmazlar. Bu nedenle seçici yüzey, normal bir siyah cisimden daha çok ısınır. Günümüzde, güneş enerjisiyle su ısıtan sistemlerde kullanılan, galvanize saçtan yapılmış, üstün karacisim niteliğinde toplayıcılar üretilmektedir. Bunlar, görünür ışığın % 93'ünü soğurup, kızılaltı ışının ancak % 10'unu yansıtırlar.

Güneş evleri: Çatı ya da duvarlar üstüne düşen güneş enerjisiyle, konutların ısıtılması ve soğutulması sağlanabilir. 1974'ten sonra A.B.D'nde güneş enerjisiyle ilgili uygulamalar hızla gelişmiştir. Günümüzde, dünyanın çeşitli yerlerinde (özellikle A.B.D'nde), farklı yapılarda yüzlerce güneş evi, deneysel amaçlarla kullanılmaktadır. Bu tür yatırımlar, hükümetlerce de desteklenmektedir.

Güneş enerjisi, ya yapı malzemesini ısıtarak ya da pencerelerden içeri girerek, bütün yapılarda bir ölçüde varlığını duyurur. İyi yalıtılmış evlerde, bu ısınmayı yararlı kılacak bir plan seçilir. Ama bunlar, güneş evi kapsamına girmez. İngiltere'de, bir okulun güneye bakan duvarı bütünüyle camdan yapılmış ve öteki üç duvara oranla çok iyi yalıtıcı malzeme kullanılmıştır. Yapı, içerdeki ışık ve insanların katkısı sayılmazsa, aşağı yukarı bütünüyle güneş enerjisiyle ısınmaktadır. Ne var ki, söz konusu deneyde, ısı yitimine yolaçmaksızın okulu havalandırma sorunu çözülememiştir.

Fransız Ulusal Bilimsel Araştırmalar Merkezi, güneş enerjisiyle çalışan ve gerektiğinde bir yapıyı hem ısıtan, hem de soğutan ilginç bir sistem geliştirmiştir. Fransız hükümetinin parasal desteği ve kuruluşun işbirliğiyle, Güney Fransa'da bu türden 36 ev yapılmıştır. Evlerin güneye bakan duvarı, gelen ışınları soğurması için, bütünüyle siyaha boyanmış ve dışardan üstlerine ikinci bir cam duvar daha yerleştirilmiştir. Camdan geçen güneş ışını duvarı ısıtmakta, böylece cam ile duvar arasında bir sıcak hava sütunu yükseltmektedir. Uygun havalandırma borularıyla, sıcak hava (yazın serin temiz hava), oradan evin içine gönderilmektedir. Duvar, sıcaklığını birkaç saat koruduğundan, sistem, güneş battıktan sonra da çalışmasını sürdürmektedir.

Yapıların ısıtılmasında ya da soğutulmasında, doğrudan güneş enerjisiyle ısınmış su da kullanılabilir. Gerekli sıcak suyu elde etmek için, geniş yüzeyli toplayıcılar kullanılır. Isınan su, büyük depolarda toplanıp radyatörlere gönderilir. Sıcak iklimlerde, özellikle de geceleri havanın açık bulunduğu yerlerde, aynı toplayıcılar, soğutma amacıyla da kullanılabilir: Geceleri radyatörlerden toplayıcıya geri pompalanan su, sıcaklığını orada bırakır. Böylece ev içi sıcaklığı giderek düşer. Uygun bir ısı değiştirgeciyle, ertesi gün yapıyı serin tutmak olanaklıdır.

Evlerin çatı altlarına yerleştirilen sığ su depolarından yararlanan bir sistem de Kaliforniya'da geliştirilmiştir. Kışın, ısıtma amacıyla deponun üstü siyah bir örtüyle kapatılır. Böylece gün boyu güneş enerjisi soğurulacağından, depodaki su ısınır. Gece, depo yalıtkan örtüyle kapatılarak, ısı kaçağı büyük ölçüde önlenir. Yazın da, su deposunun beyaz bir örtüyle kapatılmasıyla, güneş ışınlarının suyu ısıtma-

sı engellenir. Gece bu örtü kaldırılır; çevre ısısından ötürü depodaki su buharlaşmaya başlayacağından, ev içindeki sıcak hava, giderek serinleyen depoya aktarılır.

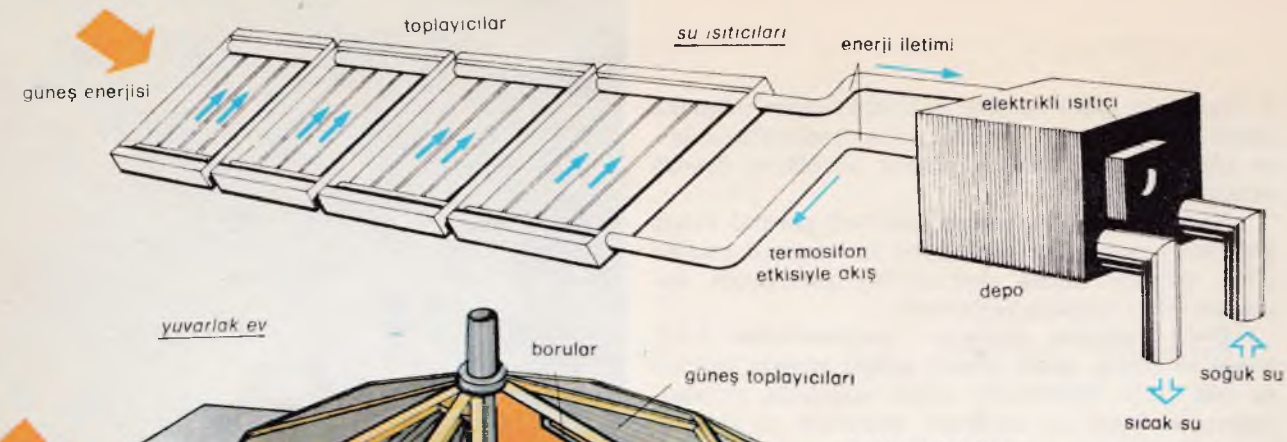
Bu tür yapıların yapım giderleri, normal evlere göre biraz pahalıdır; ama yakıt fiyatlarının günden güne artması, güneş enerjisinden yararlanan sistemleri çekici kılmaya başlamıştır.

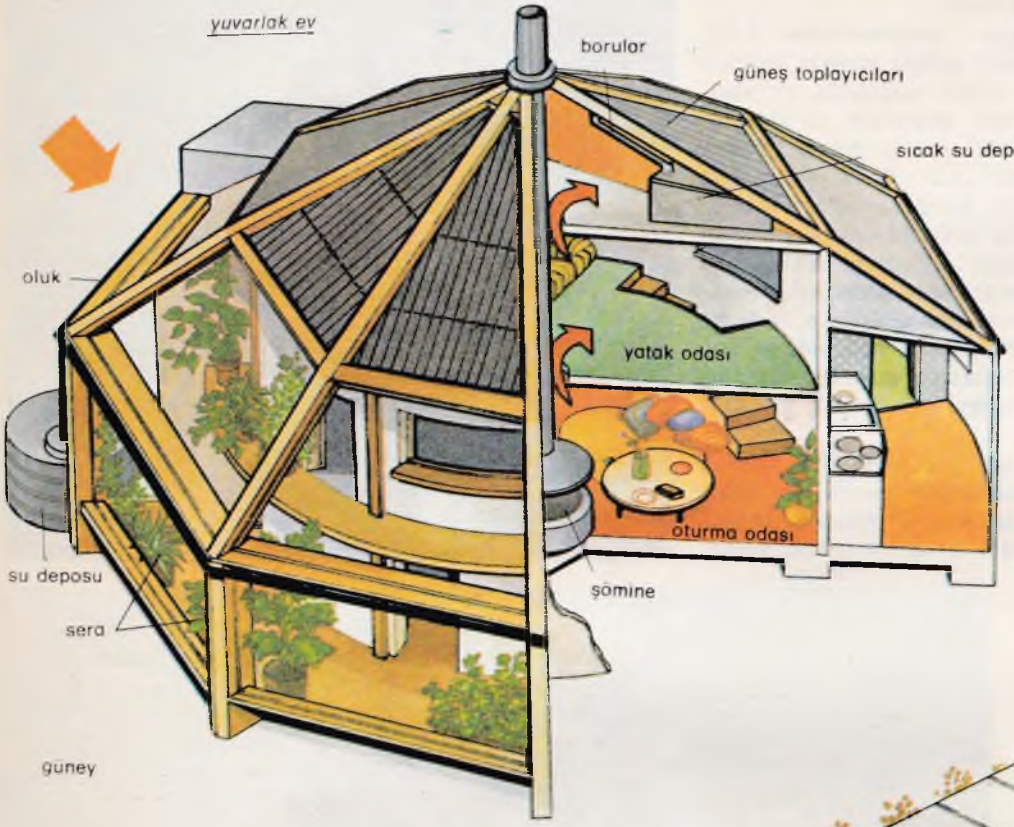
Öteki kullanım alanları: Avustralya'da, S.S.C. E'nde ve birçok başka ülkede, güneş ışınıyla arıtılan su (Bk. TUZ GİDERME) çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Gene bu ülkelerde, buğdayın ve kerestelerin kurutulması için, güneş enerjili ısıtma sistemlerinden yararlanılmaktadır. Çok yüksek sıcaklıklar elde etmek için, mercekler ya da içbükey aynalar yardımıyla, güneş ışınları bir noktada odaklanır. Ama odaklama, yalnızca doğrudan alınan güneş ışığıyla yapılabilir. Dünyanın sürekli güneş alan bölgelerinde, ışınları odaklayarak suyu buharlaştıran toplayıcılar da yararlı olabilir. Bu yoldan elde edilen buhar, bilinen yöntemlerle elektrik enerjisi üretmek için ya da herhangi bir pompayı çalıştırmak için kullanılabilir.

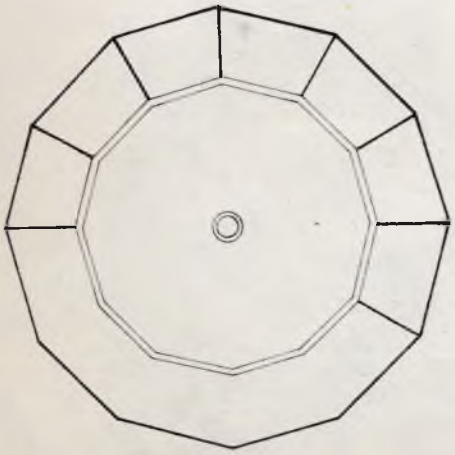
Elektrik üretimi: Yapay uyduların (Bk. UYDU, YAPAY), sürekli elektrik enerjisine gereksinim duymaları, 1950'lerde A.B.D'nde, Bell Telephone laboratuvarlarında güneş pillerinin geliştirilmesine yolaç-

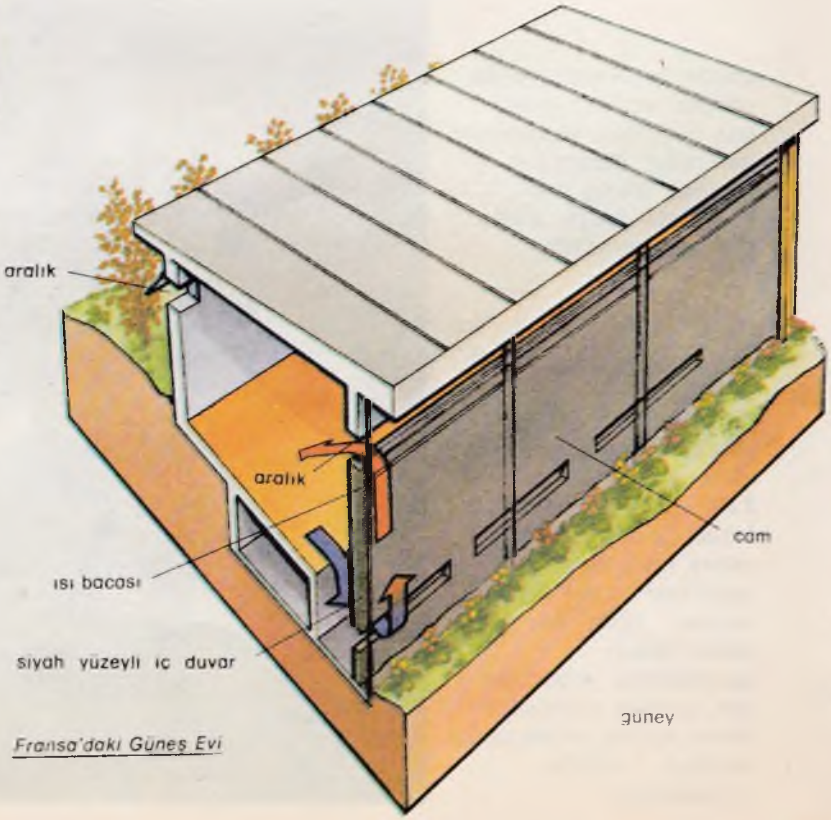
Çağdaş laboratuvarlarda, yüksek ısı elde etmek için parabolsü yansıtıcılar kullanılır. Resimdeki (solda) güneş fırını, Sidney'de South Wales Üniversitesi'ndedir.

Pireneler'de, Odeillo'daki Fransız güneş fırınlarından iki ayrı görüntü. (sağda üstte ve altta).
9 000 aynalı parabol biçimli yansıtıcılarla, güneş ışını merkezde odaklanır. Karşı tepede bulunan 11 000 düz ayna, güneş ışınını yansıtıcılara düşürmek için hareket ettirilebilir. Birkaç dakika içinde fırının sıcaklığı 3 300°C'a ulaşmaktadır.

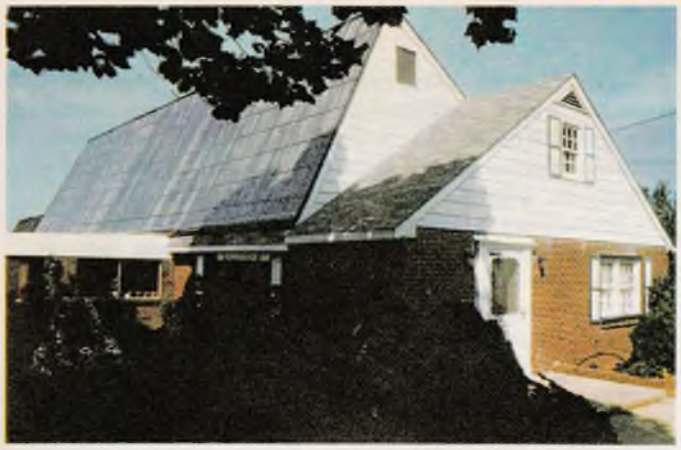




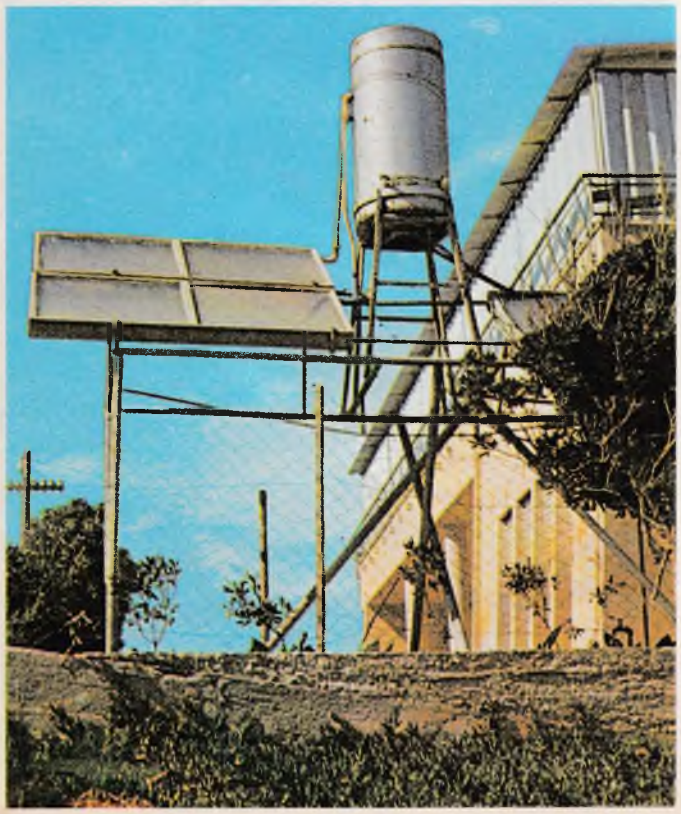




Fransa'daki Güneş Evi



Geleceğin evi. (üstte)
Doğal yakıt kaynakları azaldıkça, evlerde ısıtma ve sıcak su sağlama amacıyla güneş enerjisi kullanılacaktır. A. B.D'ndeki bu evde sıcak su sağlayan bir güneş çatısı bulunmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanan çeşitli ısıtma sistemleri. (solda) Herbert Girardet'nin tasarladığı yuvarlak ev, özellikle kırsal bölgeler için elverişlidir. Bu evin çatısına yerleştirilen toplayıcılardan elde edilen ısı, hem seraları, hem de evi ısıtmada kullanılır. Fransız güneş evinin güneye bakan yüzünde, bir cam duvar ile siyaha boyalı ikinci bir duvar bulunur. Duvar ile cam arasına yerleştirilen ısı bacası, uygun hava dolanımı sağlayarak, evin ısıtılmasını ya da soğutulmasını sağlar. Bu tür donanım, İsrail'de alışılmış görüntüler arasına girmiştir. Eğimli bir düzlemden geçen su, ısınıp depolanır ve evin sıcak su gereksinimini karşılar. (altta)



tı. Genellikle çok arı tek bir silis billurundan yapılan bu piller, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Dalgaboyu 400 ile 1 100 nm (nanometre) düzeyinde bulunan ışınımlar, bu alanda en etkili olanlardır ve güneş tayfının aşağı yukarı yarısı bu aralıkta yeralır. Ne var ki, çeşitli iç yitimlerden ötürü, silis billurlarının gerçek verimi % 50'nin çok altındadır. Günümüzde en iyi güneş pilleri, aldıkları ışınımın ancak % 18'ini elektrik enerjisine dönüştürebilmektedirler. Geri kalan enerji, billurda, ısı biçiminde açığa çıkmaktadır.

Güneş pillerinde, *n* türü yarıiletken bölge ile *p* türü YARIİLETKEN bölge arasında bağlantı sağlayabilmek için, billurun içinde çok az miktarda yabancı madde (bor ve arsenik) bulundurulur. Böylece, billurun içinde bir potansiyel farkı ortaya çıkar. Güneş ışını, elektronları uyararak, elektron deliklerinin oluşmasını sağlar; katkı maddeli ara bölge, elektronlar ile elektron deliklerini ayırır ve billur üstünden bir *DC* akımının geçmesine neden olur. Piller elektriği depolayamadıklarından, yeryüzünde kullanıldıklarında bir akümülatöre bağlanmaları gerekir. Maliyetlerinin yüksek olması, yaygın olarak kullanılmalarını engellemektedir. Ancak, A.B.D'ndeki çalışmaların, daha ucuz pillerin yapımını sağlayacağı sanılmaktadır.

Ne var ki, fiyatlarının düşmesi sağlansa da, söz konusu pillerin verimlerinin düşük olması, önemli bir olumsuz özelliktir. 500 W'lık bir elektrik sobasını çalıştırmak için, üstüne doğrudan güneş ışını düşen 2,5 m^2'lik bir alanın güneş pilleriyle kaplanması gerekir. Ayrıca, geniş ölçekli bir ENERJİ DEPOLAMA ya da dönüştürme sistemi kullanılmadıkça, bu gücün hemen, elde edildiği yerde tüketilmesi gerekir. Sorun gelecekte, üstüne güneş pilleri yerleştirilen geniş kanatlı uyduların uzaya fırlatılmasıyla çözülebilir. Uydularda üretilen güç, MİKRODALGA'larla dünyaya ulaştırılabilir. Bu dalgalar, bulutlu havalarda bile yüksek enlemlerdeki istasyonların anten-leriyle alınır.

GÜNEŞ SAATİ

Yerkürenin saydam olduğu ve merkezinde bir gözlemci bulunduğu varsayılırsa, bu gözlemci için, zamanın ölçülmesi bir sorun yaratmaz. Dünya'nın, Güneş'e göre kendi ekseni çevresinde dönmesi sonucu Güneş, 24 saatte ancak bir kez aynı boylam çizgisini keser. Yalnız, 24 saatte bir yinelenen bu kesim noktası, mevsim değişikliklerinden ötürü, biraz daha kuzeyde ya da güneyde yeralabilir. Güneş'in hareketini izlemek için, 24 eşit saat aralığına bölünmüş dairesel bir kadran, ekvator düzlemine oturtulur ve merkezine düşey bir çubuk (dünyanın dönme eksenine paralel) yerleştirilir. Artık mevsim ne olursa olsun, çubuk gölgesinin ucu, her gün aynı saatte aynı doğrultuyu gösterecektir.

Ne var ki, Güneş hareketinin yıl boyunca değiştiği, bu yüzden de güneş saatinin, duyarlı bir meka-

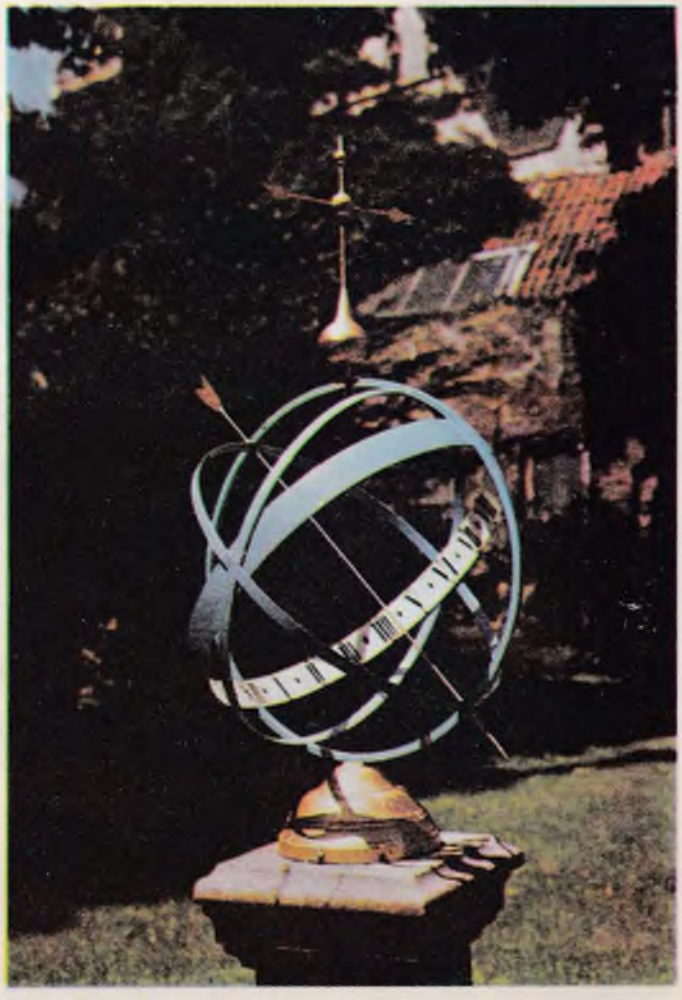
nik saatle karşılaştırıldığında on beş dakika kadar ileri ya da geri olduğu görülür. Bunun nedeni, Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesinin tam bir daire değil, bir elips biçiminde olmasıdır. Güneş, elipsin merkezlerinden biri üstünde bulunmaktadır. XVII. yüzyılda KEPLER'in ortaya koyduğu gibi, Dünya, Güneş'e yakınken daha hızlı hareket eder. Dolayısıyle Güneş, bazen ortalama yerinin ilerisinde, bazen de gerisinde kalır. Normal saat zamanı ile güneş saati zamanı arasında ortaya çıkan bu farka, «*zaman dengelemesi*» denir. Zaman dengelemesindeki değişiklikler her yıl aynıdır ve hesaplanabilir.

Gerekli düzeltmeler yapıldığında, dünyanın merkezindeki bir güneş saatiyle gerçek zaman okunabilir. Bunu sağlamanın bir yolu, zamanı, güneş saati mili (gnomon) üstünden okumak ve merkezden gelen düz çizgiler yerine, yılın çeşitli zamanları için değişik saat işaretleri bulunan, biraz eğri çizgiler kullanmaktadır. Böylece, uygun işaretlere göre okuma yapılarak, birkaç saniye yanlış payıyla gerçek zaman bulunabilir.

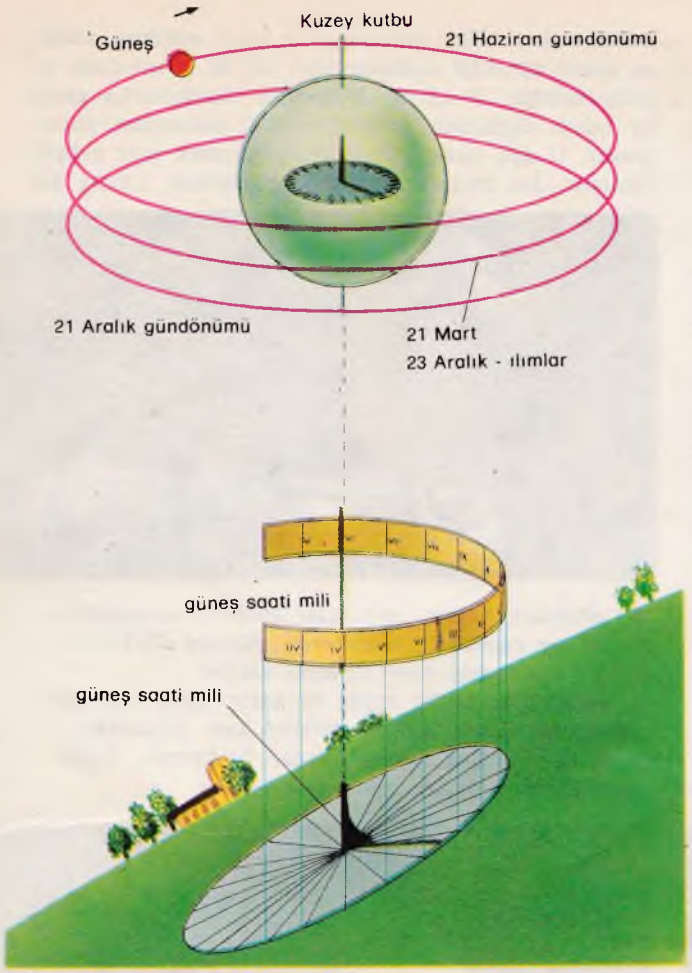
Bununla birlikte, gerçek güneş saati çeşitli sorunlar yaratır. Güneş alan herhangi bir düzlem üstüne (ister yatay, ister düşey, ister eğimli olsun) güneş saati yerleştirilebilir. Ama güneş saati milinin doğrultusu, mutlaka Dünya'nın dönme eksenine paralel olmalı, yani Kuzey yarıkürede çubuğun ucu Kutup yıldızını göstermeli, saat çizgileri de, dünyanın merkezindeki varsayımsal kadranın çizgilerine paralel olmalıdır. Dünya yüzeyinde herhangi bir yere yerleştirilen güneş kadranının, ekvatora paralel olmasına genellikle olanak yoktur. Bu yüzden, ekvatora paralel varsayımsal bir kadrandan, Kutup yıldızı doğrultusunda, güneş kadranı üstüne izdüşüm alınır.

İlk bakışta karmaşık görünümesine karşın, en yalın güneş saati düzenlerinden biri, *halkalı* güneş saatidir. Bir küre iskeleti biçimindeki halkalı güneş saatinin, merkezden geçen ekseni eğiktir. Eğimli eksen, saat milidir. Zaman aralıkları eşit bölmeler halinde bir halkaya işaretlenmiş ve saat miline dik bir düzlem içine yerleştirilmiştir. Mil, o yerdeki enlem açısına eşit bir eğimle, kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilir. Bu durumda mil, Yer'in dönme eksenine paraleldir. Bu tür güneş saatinin bir olumsuz yanı vardır: Halka dikkatli yapılmamışsa, Güneş'in tam ekvator üstünde bulunduğu, mart ve eylül aylarında (gece ile gündüzün eşit olduğu zamanlar), saat birkaç gün çalışmaz. Ekvatorla çakıştırılmış olan halka, gece ile gündüzün eşit olduğu günlerde (ılım ya da ekinoks) kendi ışığının önünü keser. Dolayısıyle halkalar, ya tam olarak kapatılmazlar ya da deliklerden bir miktar ışık geçebilecek biçimde düzenlenirler.

Eşit aralıklı ölçekleri, enlem açısına eşit eğimle yerleştirilmiş bir halkalı güneş saati. (sağda) Saat mili, Kutup yıldızını göstermektedir.



İngiltere'de birçok eski kilisede duvara oyulmuş güneş saatleri vardır. Yatay saat mili düşmüş olan bu örnek (altta), Warwickshire'dadır. Çizgiler gerçek saatleri değil, kabaca zamanı belirtir.



Güneş Dünya çevresinde dönseydi, her gün geçtiği yol, bir öncekinden farklı olacaktı. Buna göre, resimde (üstte) üstteki çizimde, olası üç yörünge halinde, merkezi kadranın hangi zamanı belirteceği gösterilmiştir. Uygulamada, halka biçimli kadran ya ekvator düzlemine çakıştırılmalı ya da alttaki çizimde gösterildiği gibi, düzlemsel bir kadrana izdüşümü alınmalıdır.

İstenilen bir yüzey üstüne, mil ile birlikte zaman işaretlerinin de izdüşümü aktarılarak, düzlemsel güneş saatleri yapılabilir. Birçok yapının duvarında, doğrudan doğruya Güneş'e bakmayan güneş saatleri bulunur. Bunlarda da saat mili, dünyanın dönme eksenine paralel kalacak bir açıyla duvara yerleştirilmiştir. Mil gölgesinin yalnız uç noktasının okunduğu yerlerde, mil, duvara dik açılı olarak da yerleştirilebilir.

Çizgilerin mekanik izdüşümünü almak yerine, çağdaş güneş saatlerinde gerekli açılar, trigonometri yoluyla hesaplanır. Bununla birlikte güneş saatleri, binlerce yıldır pratik amaçlarla kullanılmıştır. Bunların ilk örneğine Mısır'da raslanır. Romalıların da yarıküre biçiminde güneş saatleri olduğu, ayrıca, taşınabilir güneş saatleri de kullandıkları bilinir. Daha sonraları yapılan taşınabilir güneş saatleri, enleme göre ayarlanabiliyor ve meridyeni bulmak için pusulayla birlikte kullanılıyordu. Ama Romalılar, kuzeyin nasıl bulunduğunu bilmediklerinden, zamanı, düşey gölge çubuğunun gölgesinin uzunluğuyla ölçmüşlerdir. Verilen bir enlemde Güneş, yılda ancak iki kez gökyüzünde aynı noktada bulunduğundan, yılın farklı zamanları için farklı ölçekler kullanılmıştır.

GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ

İstenmeyen seslerin tümü, «*gürültü*» diye tanımlanabilir. Gürültünün çözümlenmesi ve ölçülmesi, elektrik ve elektronik iletişim sistemlerinin gelişmesiyle başlamıştır. Telefon, radyo, vb. sistemlerde gürültü, yayınlanan sinyali önemli ölçüde bozmakta, hattâ çok kuvvetli olduğu zaman, bütünüyle engellemektedir. Gürültü, iletişimdeki olumsuz etkilerinin yanı sıra, ruhsal dengesizliklere ve işitme bozukluklarına neden olmaktadır.

Gürültü enerjisi ve frekansı: Gürültüyü sinyalden (sözgelimi konuşma sinyali) ayıran, sinyalin istenen bir içerik taşıması, yani düzgün bir yapısı olması, buna karşılık gürültünün yapısının düzenli olmamasıdır («*rasgele*» diye nitelendirilir). Bununla birlikte, gürültüye ilişkin iki önemli özellik vardır: *Toplam enerji; frekans yapısı.*

Toplam enerji, gürültünün ortalama şiddetini verir. Bu, özellikle gürültünün fiziksel etkileri söz konusu olduğunda önemlidir. Farklı ses türleri ele alındığı zaman ise, *frekans çözümlemesi* önem kazanır. Sözgelimi, yokuş tırmanan bir kamyon düşük frekanslı ses çıkarırken, bir jet uçağının gürültüsü yüksek frekanslıdır.

İnsan kulağı düşük frekanslara karşı pek duyarlı olmadığından, bu türden bir sesin toplam enerjisi, doğrudan doğruya fiziksel ya da ruhsal bir etki yaratmaz. Bir insan üstünde gürültünün yarattığı ortalama etkiyi sayısal olarak gösterebilmek için, gürültünün frekans bileşenlerinin büyüklüğünün, kulağın her frekansa karşı gösterdiği duyarlık katsayısıyla düzeltilmesi gerekir. Düzeltilmiş şiddetlerin toplamı alınarak, kulağın toplam gürültüyü algılayışı, sayılarla belirtilir.

Ses enerjisinin ölçülmesi: Gürültü enerjisi (E_N) bir karşılaştırma ses enerjisine (E_R) göre, LOGARİTMA ölçeği üstünde ölçülür. Karşılaştırma değeri olarak genellikle, normal durumda işitilebilecek en küçük ses alınır. Bundan sonra gürültü *desibel* (kısaca *dB*) ile ölçülür ve $10 \times \log E_N/E_R$ bağıntısıyla belirlenir. Ama enerji düzeylerinin doğrudan ölçülebilmesi güçtür; oysa ses dalgasının BASINÇ'ı daha kolay saptanabilir. Ses enerjisi, basıncın *karesi* ile bağlantılıdır; dolayısıyle desibel başka bir eşitlikle, yani $10 \times \log (P_N/P_R)^2$ ile de gösterilebilir. Bu da $20 \times \log P_N/P_R$ 'ye eşittir.

Normalde işitilebilir en küçük ses, yani *işitme eşiği*, 0,00002 N/m^2 basınçtadır. Buna «karşılaştırma basıncı» (P_R) denir. Bu yüzden, P_R 'ye eşit basınçtaki

bir ses dalgasının gürültüsü sıfır *dB*'dir (birin logaritması sıfır olduğu için).

Bir karşılaştırma yaparsak, normal atmosfer basıncı 100 000 N/m^2 (1 atm) ya da 194 dB'dir. İşitme aralığındaki milyonda birlik bir basınç oranının, desibel ölçek için kullanılmasının bir nedeni de, 0-120 dB'deki geniş basınç aralığının daha uygun bir alana sıkıştırılmasını sağlamaktır. Bunun bir başka yararlı yönü, aralığın büyük bir kesiminin, bir desibellik işitilebilir en alt gürültü düzeyine ilişkin olmasıdır. Ses yüksekliği iki katına çıkınca, 10 dB'lik bir değişikliğe neden olur.

Ölçme aygıtları: Gürültü ölçümünde kullanılan temel aygıt, bir ses yüksekliği ölçerinden oluşur. MİKROFON diyaframı, havadaki basınç dalgalanmalarını (ses dalgalarını) algılar ve diyaframın hareketi, elektrik sinyallerine dönüştürülüp, gerektiğinde, yükseltilebilir. Mikrofondan çıkan sinyal, önce bir YÜKSELTİCİ'de yükseltilir; sonra, dB cinsinden ölçeklendirilmiş bir indirgeyiciden geçirilir. İndirgeyici çıkışı, elektriksel FİLTRE'den oluşan dört tür ton ağından herhangi birine yollanır. Ağlar, *A,B,C,D* simgeleriyle gösterilir. Seçilen ağın özel bir frekansa gösterdiği tepkiyle, giriş sinyali biçimlendirilir.

En çok *A* tonu kullanılır ve bu yolla ölçülen ses düzeyleri «*desibel A*» ya da «*dBA*» biçiminde belirtilir. İnsanlar düşük frekanslara daha az duyarlı olduklarından, dBA düzeylerinin öznel etkilere oldukça yakın düştüğü saptanmıştır; bu da *A* tonunun bir üstünlüğüdür. *B* ağı az kullanılır. Gürültünün genişlik bandı ölçülmek istendiğinde *C* tonundan yararlanılır. D *ağı*, uçak gürültülerini ölçmek için geliştirilmiştir. Jet motorunun egzoz gürültüsü, birkaç bin

120 dBA'dan büyük gürültüler zararlı olacağından, ticaret ve endüstri alanlarında gürültü ölçümleri yapılır. Ses düzeyi ölçeri üç ayak üstüne kurulabileceği (altta sağda ve üstte) gibi, elde de taşınabilir. (altta solda) Mikrofonun ucundaki siyah küre (altta sağda), rüzgar kalkanıdır. Uçak gürültülerinin frekansları çok yüksektir.

hertze ulaşır. Uçak gürültülerini ölçmede dBD ya da PNdB (algılanan gürültü düzeyi) kullanılır.

Başlıca gürültü düzeyleri: İşitme eşiği sıfır desibel (0,00002 N/m^2), fısıltı 30 dBA, normal konuşma 60 dBA, işlek bir cadde gürültüsü de 80 dBA (0,2 N/m^2) düzeyindedir. Araca yakın yerde bulunan korna sesi 100 dBA, gök gürültüsü ise 120 dBA dolayındadır. 120 dBA'lık sürekli bir gürültü, kulakta rahatsız edici bir duygu uyandırır, daha büyük gürültüler ise ağrıya neden olur. Günde 8 saatten haftanın 5 günü sürekli 90 dBA'lık gürültü işitme, işitme organını bozmayacak düzeyde sayılır. Bu değerin aşılması, işitme bozukluklarına yolaçabilir. Korunmasız bir kulak, 135 dBA'dan daha büyük gürültüyle karşı karşıya bırakılmamalıdır.

GÜVENLİK SİSTEMLERİ

Güvenlik sistemleri başlıca iki grupta toplanır: Yangından korunmayı amaçlayan sistemler; değerli mal ve bilgilerin çalınmasını önlemek için hazırlanmış sistemler. Hırsızlığa karşı alınan güvenlik önlemleri arasında yeralan ALARM SİSTEMLERİ'ni, ayrı bir madde olarak incelemiştik.

Günümüzde, güvenlik amacıyla kullanılacak çeşitli araç ve gereçler vardır. Bu nedenle, yangın ya da hırsızlığa karşı alarm sistemi hazırlayan kişinin, kullanacağı yöntemi belirlemeden önce, sistemin nerede ve nasıl çalışacağını göz önüne alması gerekir.

Bütün alarm sistemleri polise, itfaiyeye ya da özel güvenlik kuruluşlarına, sesli ya da ışıklı alarm sinyalleri gönderir. Bu yüzden insan gücü, bütün güvenlik sistemlerinin önemli bir parçasını oluşturur. Büyük mağazalarda, fabrikalarda ve binalarda günümüzde hâlâ dedektifler, güvenlik uzmanları ve devriyeler vardır. Bu sistemlerden yararlanılan yerlerde güvenlikten sorumlu kişiler, en dürüst adaylar arasından büyük titizlikle seçilir.

Günümüzde Batı'da bütün büyük güvenlik kuruluşları, asker ya da polis gibi eğitilmiş, üniformalı görevliler çalıştırmaktadırlar. Bu kuruluşlarda bekçi köpekleri ile değerli eşya ve para taşımakta kullanılan zırhlı araçlar da bulunur. Araçların, merkezle telsiz bağlantıları vardır.

Belirli aralıklarla, özel bir anahtarla kurulması ya da çalıştırılması gereken düzenekler aracılığıyla, bekçinin düzenli bir biçimde devriye gezmesi sağlanır. Bu aygıtların özel şifreli bantları her gün incelenir ve sonuçlar değerlendirilir.

Mağazalarda güvenlik: Mağazalardaki malların çalınmasını önleme amacıyla televizyon, aynalar ve özel alarm sistemleri kullanılır. Bunlar aracılığıyla mağazadaki müşteriler, merkezi bir yerden izlenir. Bununla birlikte, hırsızların başvurduğu yöntemleri saptama ve mağazadaç çalışanların ne ölçüde güvenilir olduğunu ölçmede, deneyimli mağaza dedektiflerinin önemi büyüktür. Dedektiflerin sık sık uyguladıkları yöntemlerden biri, «tezgahtarları deneme» girişimleridir. Bunu iki kişi birlikte gerçekleştirir. Aldıkları mallarla kasaya giden iki kişi, ödemelerden önce ve sonra kasanın ne yazdığını ve bütün işlemleri incelerler. Kuşkulu bir durum varsa kasiyer ve izlenen olay, ayrıntılı biçimde araştırılır.

Batı'da yeni geliştirilen bir başka sistemde, satılan bütün mallara metal bir parça takılır. Müşteri malların parasını ödediği zaman, kasiyer, mala takılı olan metal parçayı özel bir araçla çıkarır. Metal parça takılıyken dışarı çıkarılmaya çalışılan mal, mağazanın çıkışlarında bulunan aygıtların magnetik alanında değişiklik yaratacağından, kolayca yakalanır (Bk. METAL BULUCULARI). Söz konusu aygıtların bir sakıncası, kasiyerin maldan metal parçayı çıkarmayı unutması ya da müşterinin üstünde bulunan başka bir metalin, aygıtı yanıltması sonucu çalan alarmın, gereksiz sıkıntılara yolaçmasıdır.

Tehlike alarmı iletimi: İçeri giren birini ya da yangın belirtisini saptayan elektronik aygıtların, bunu, hemen polise, itfaiyeye ya da ikisine birden haber vermeleri beklenir. Haber verme işlemi, ilgili yere doğrudan doğruya bağlanan bir hatla ya da otomatik olarak bağlantı kuran bir düzenekle sağlanır. Günümüzde polis merkezlerinde bu tür aygıtların sayısı, büyük ölçüde artmıştır. Ayrıca, bazı polis merkezleri yeniden düzenlenmekte ve birçoğu günde yalnızca 12 saat çalışmaktadır. Bu yüzden bir güvenlik kuruluşunun denetimindeki merkeze, tek bir hatla, birçok yerin sinyalini iletmeyi sağlayan sistemler hazırlanmaktadır. Alarm grupları, toplayıcı bir aygıtta birleşir ve aygıt, bağlı hattan gelen alarmları denetler. Bu sinyaller daha sonra ya bir toplayıcı birime ya da doğrudan doğruya merkeze iletilir. Denetleme aygıtı, sürekli olarak alarm bağlantılarını inceler ve gerek bunların, gerekse hattın düzgün çalışıp çalışmadığını denetler. Merkeze gelen işaretler, hemen polis ya da itfaiyeye iletilir. Bu sistemle, her alarm aygıtının açık ve kapalı kalma süreleri izlenerek kaydedilir. Bu işlemlerin önceden belirlenen zamanlarda gerçekleşmediği görülürse, durumu incelemek için söz konusu yere güvenlik elemanları gönderilir.

«Tüm güvenlik»: Bütün alarm sistemlerinin merkezden denetlenmesi «tüm güvenlik» sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu sistemde, bir tesis inşa edilirken, korunma sorunu, binaların yapılışı sırasında göz önüne alınır. İngiltere'de yapılan bir tesiste, bu türden bir sistem uygulanmaktadır. Hırsızlık ve yangına karşı alarm aygıtları, 43 dönüme yayılan tesisin her yanına yerleştirilmiştir ve nöbetçilerin bulunduğu güvenlik merkezinden sürekli denetlenmektedir. Tesiste kapalı devre televizyon ve devriyeler de vardır.

Yangına karşı, otomatik su püskürtme sistemleri, camı kırılarak düğmesine basılan yangın alarmları ve duman alarmı da yerleştirilmiştir. Merkez, 166 ya da daha çok sayıda farklı yeri sürekli olarak izleyebilmektedir.

Yangından korunma: Yangın yalnız mala değil, cana da zarar verir. Bu yüzden yangın alarmlarının,

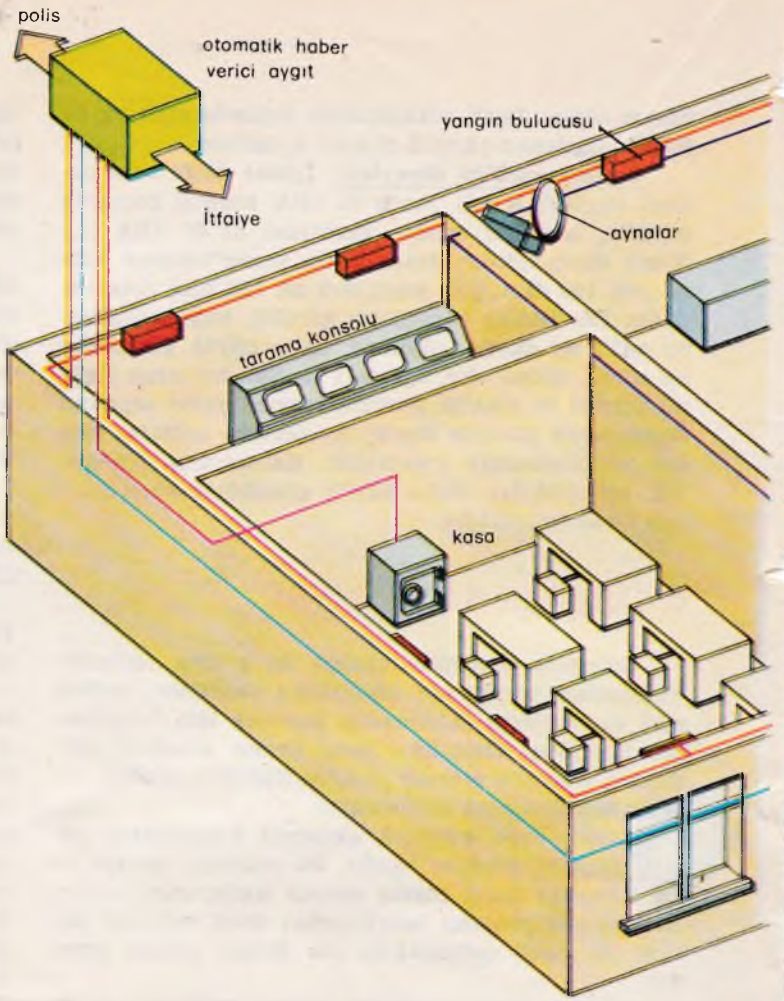
GÜVENLİK SİSTEMLERİ

yalnızca yangını erken haber verme özelliği değil, yangının genişleyip başka yerlere yayılmasını engelleme özelliği de taşıması gerekir. Yangın alarmları, korunacak bölgeyi parçalara ayırma ve bu parçaları sürekli olarak izleme ilkesine göre çalışır. Normal olarak görünmeyen taneciklerin yayılmasına neden olan ilk yanma belirtileri, iyonlaşma bulucularıyla (Bk. İYON VE İYONLAŞMA) saptanabilir. İyonlaşma bulucularının içinde küçük bir radyoaktif kaynak vardır. Yanma sonucu ortaya çıkan tanecikler, bulucuya girdikleri zaman, aygıttan geçen normal elektrik akımında değişikliklere yolaçıp, alarmı harekete geçirirler.

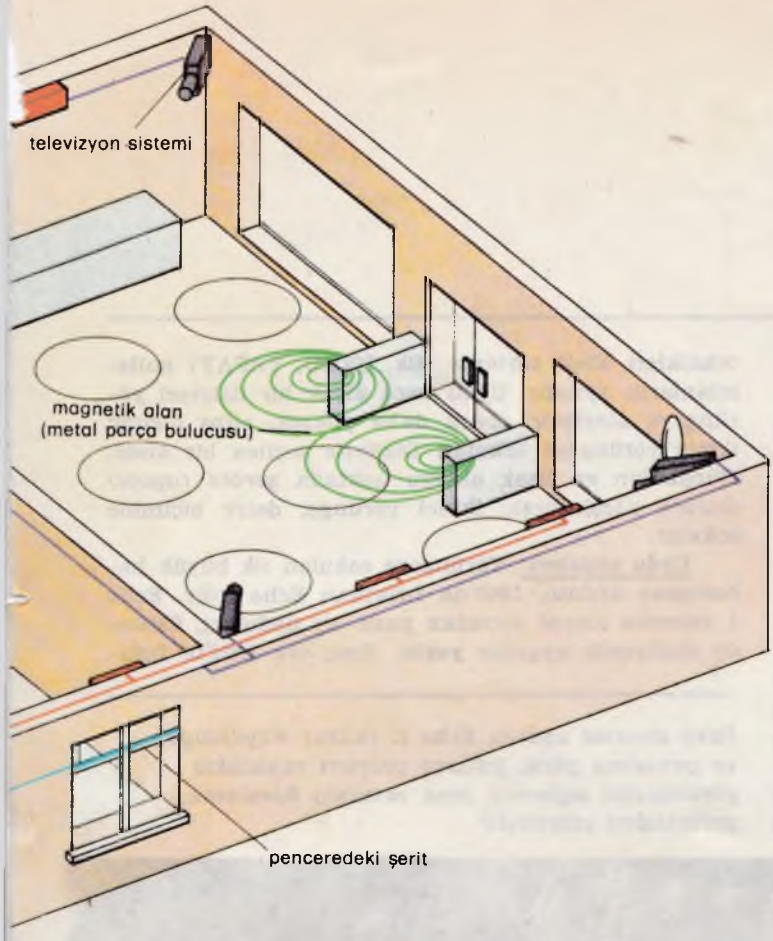
Yangın ilerleyip ortaya duman çıkınca, bu da FOTOSEL ve ışık kaynağından oluşan bir aygıtla saptanır. Aygıta giren duman, ışığın fotosel üstüne düşmesini engeller ve alarm çalar.

Sıcaklık değişmeleri, genleşme nitelikleri farklı olan iki ayrı metalden oluşan şeritlerle de saptanabilir. Önceden belirlenen bir sıcaklıkta şerit, metallerin genleşme oranlarının farklı olmasından ötürü bükülerek açılır ve alarmı harekete geçirir.

Alevler ortaya çıkarsa, kızılaltı bulucularla saptanır. Aygıtın içindeki devreler, aynı zamanda alevlerin parıltılarını da algılar ve radyatör gibi doğal



Güvenlik görevlisinin, denetim odasında izleme panosunu inceliyişi. (altta) «Tüm güvenlik» sistemi, 5 km yarıçaplı bir bölgede, doğrudan merkeze bağlı uydu istasyonlar ile bunları izleyen merkezi istasyondan oluşur.



kızılaltı ışın kaynaklarından gelen sinyallerin yanlış alarmlara yolaçmasını engeller.

Denetim tabloları, herhangi bir alarm sinyalinin, otomatik olarak söndürme sistemini harekete geçirmesini sağlayacak biçimde düzenlenebilir. Söndürme sistemlerinde ya su ya da gaz (bilgisayar ve elektronik aygıtların bulunduğu yerlerde) kullanılır. Duman kapakları ve yakıt vanaları otomatik olarak kapanır, elektrik kesilir.

Yeni güvenlik sorunları: Teknoloji ilerledikçe güvenlik sorunları da artmaktadır. Bilgisayarlar, sağladıkları büyük yararların yanı sıra, bulundukları bölmeye girebilen herkesin işle ilgili bilgileri çalmasına, değiştirmesine ya da kolayca kopya etmesine olanak verirler. Güvenlik kuruluşları, bilgisayarların kötüye kullanılmalarının ancak % 10 oranında fark edildiğini ileri sürmektedirler. Bu alanda güvenlik, programlayıcıların, operatörlerin ve mühendislerin dürüstlüğüne bağlıdır. Güvenlik sistemlerinde bütün bilgiler kesin ve güvenli bir biçimde kaydedilmeli ve programların değiştirilip değiştirilmediğini saptayacak denetim yöntemleri bulunmalıdır. Bilgisayar ile haberleşme olanağı bulunan uzak birimler, dikkatle denetlenmeli, haberleşme hatlarının dinlenmemesi sağlanmalıdır.

Son yıllarda güvenik önlemlerinin yoğunlaştığı başlıca yerlerden biri de havaalanlarıdır. Buralarda yolcular aranır, röntgen ışınları ve metal bulucularıyla bagajlar incelenir. Ayrıca alan, silahlı nöbetçilerce korunur. Hattâ bazı uçaklarda, uçağın kaçırılmasını engelleme amacıyla, silahlı muhafızlar bulundurulur.

Bir dükkan ve büro için güvenlik sistemi. (üstte) Satış hattındaki kapalı devre televizyon sistemi, denetim tablosuna bağlıdır. Tehlike ve yangın alarmları, doğruca polis ve itfaiye merkezine iletilir. Mallara bağlanan metal parçalar, çıkışlardaki magnetik alanda kendini belli eder.

İngiltere'de sokak gözetimi. (solda) Alışveriş merkezlerini ve parkları televizyon kameraları denetlemektedir.

Zırhlı güvenlik aracının içi. (sağda) Nöbetçi, radyo ve alarmlarla birlikte içeri kilitlenmiştir.

H

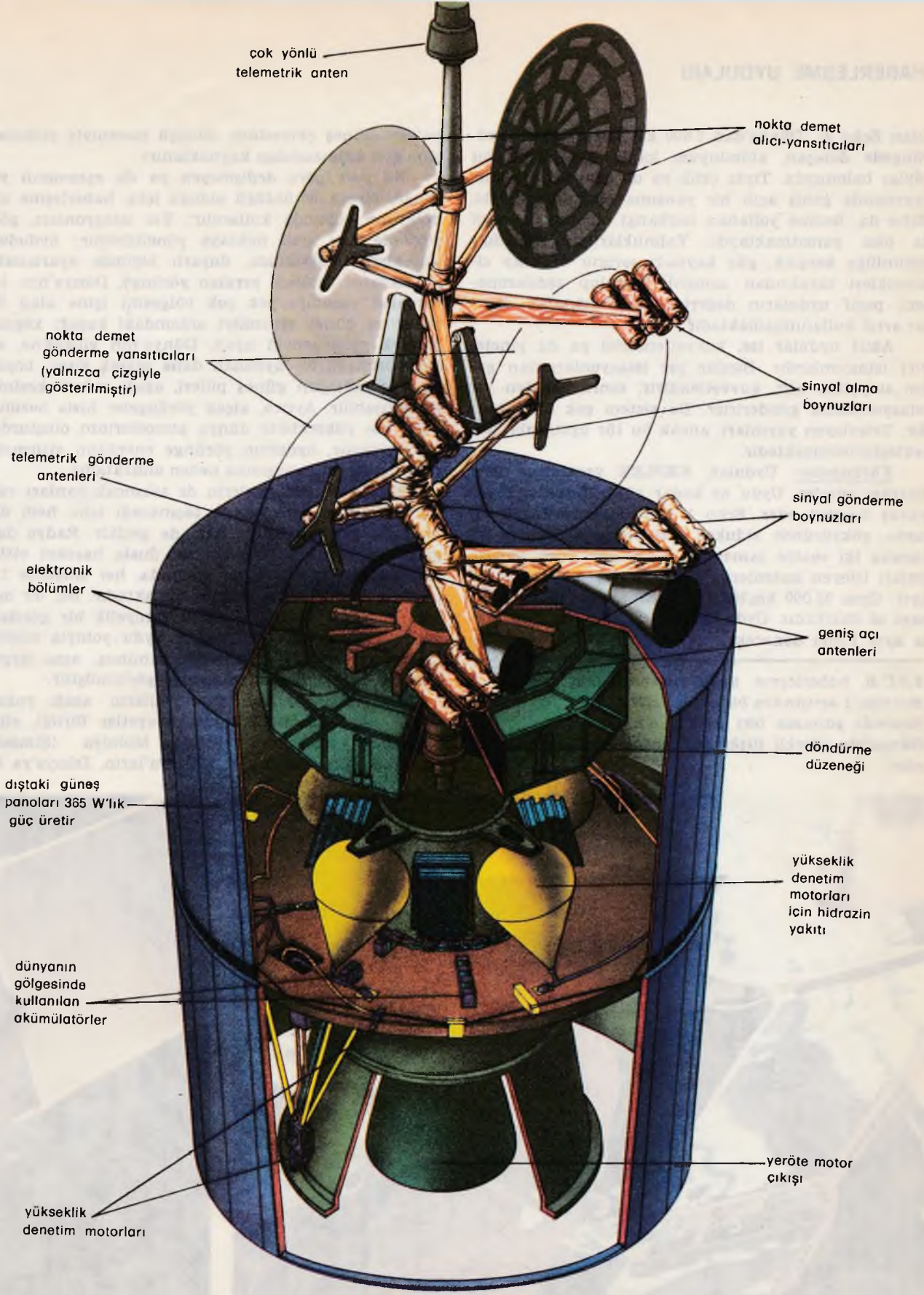
HABERLEŞME UYDULARI

1960 yıllarına kadar uzak yerlerle haberleşme, ya kabloyla ya da atmosferin iyonlaşmış (elektrik yüklü) tabakalarından RADYO dalgalarının yansımasıyla gerçekleştirilebiliyordu. Kablolarda hat sayısı sınırlıydı; iyonosferden yansımalarla sağlanan haberleşmeyse, düşük nitelikli olmakta ve sık sık kesilmekteydi.

Dünya çevresinde yörüngeye oturtulacak uydulardan haberleşmede yararlanma düşüncesi, ilk olarak 1945 yılında ortaya atıldı. Bu tür bir uydu, herhangi bir zamanda, dünyanın büyük bir bölümünden görülebilir (uydu ne kadar yüksekteyse onu gören alan o kadar genişler) ve kablolar gibi iki istasyon yerine, pek çok istasyon arasında bağlantı sağlar. Haberleşme uydularını yörüngeye yerleştirme teknikleri, öteki türlerde (Bk. UYDU, YAPAY) kullanılanların aynıdır. Uydu önce alçak bir dairesel yörüngeye ateşlenir, sonra daha yüksek, elips biçimli ikinci yörüngeye sokulur. Dikkatle seçilen bir anda, Dünya'dan en uzak olduğu noktada *yeröte (apoje) motoru* ateşlenerek, ikinci yörünge, daire biçimine sokulur.

Uydu çeşitleri: Yörüngeye sokulan ilk büyük haberleşme uydusu, 1960'da fırlatılan Echo 1'dir. Echo 1 yalnızca sinyal yansıtan pasif bir uyduydu, üstünde elektronik aygıtlar yoktu. Araç (ve 1964'te fırla-

Pasif deneme uydusu Echo 1. (altta) Büyüklüğü ve yansıtma gücü, yıllarca geceleri rahatlıkla görülmesini sağlamış, ama zamanla bozularak, parlaklığını yitirmiştir.



Bir İntelsat uydusunun ömrü 7 yıl kadardır. Bu süreden sonra sistemler bozulmaya başlar. 1970'lerin ortalarında kullanılmaya başlanan bu uydu, 13 000 telefon konuşması sağlayabilecek güçte yeni bir uydu sınıfının öncüsüdür. Elektronik aygıtları ve antenleri dışta, denetim roketleri ve güç sistemleri içte yeralır. Dış öğeler, ana gövdeye göre ters yönde döner.

tılan Echo 2), Dünya'dan 1 600 km yüksekteki bir yörüngede dolaşan, alüminyum kaplı, 30 m çaplı bir Mylar balonuydu. Tıpkı çelik ya da cam bir kürenin çevresinde geniş açılı bir yansıma oluşturması gibi, Echo da, üstüne yollanan herhangi bir sinyali, zayıf da olsa yansıtmaktaydı. Yalınlıklarının sağladığı üstünlüğe karşılık, güç kaynağı sorunu ve uzay cisimcikleri tarafından zamanla bozulup zedelenmeleri, pasif uyduların değerini sınırladığından, bunlar artık kullanılmamaktadır.

Aktif uydular ise, kuvvetlendirici ya da yineleyici istasyonlardır. Bunlar yer istasyonlarından gelen sinyalleri alır, kuvvetlendirir, sonra yeniden yer istasyonlarına gönderirler. Bu sistem çok kullanışlıdır. Televizyon yayınları, ancak bu tür uydularla gerçekleştirilebilmektedir.

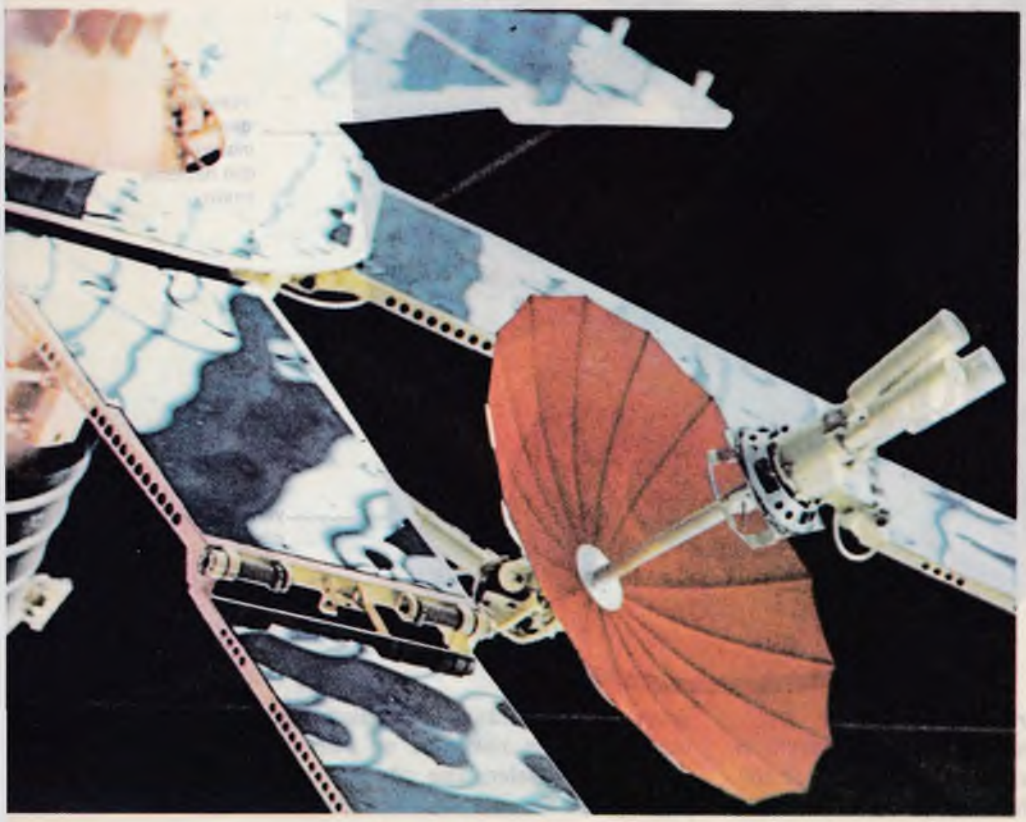
Yörüngeler: Uydular, KEPLER yasalarına göre hareket ederler. Uydu ne kadar yüksekteyse, o kadar yavaş hareket eder. Echo 1 gibi alçak yörüngeli bir uydu, gökyüzünde oldukça hızlı hareket eder ve bir turunu iki saatte tamamlar. Uyduların hızlı olması, onları izleyen antenlerin de hareket etmesini gerektirir. Oysa 36 000 km'lik yükseklikte, bir tur süresi 23 saat 56 dakikadır. Uydu ekvator üstündeyse, Dünya'yla aynı hızda dönecektir (4 dakikalık eksiklik, Dünya'nın Güneş çevresinde dönüşü nedeniyle yıldızlara göre geri kalmasından kaynaklanır).

Bu *yere göre değişmeyen* ya da *eşzamanlı* yörünge, birçok üstünlüğü olduğu için, haberleşme uydularının çoğunda kullanılır: Yer istasyonları, gökyüzünde hep aynı noktaya yöneltilebilir; uydudaki antenlerin doğrultusu, duyarlı biçimde ayarlanabilir. Ekvator üstünde yeralan yörünge, Dünya'nın, insanların yaşadığı pek çok bölgesini içine alan 60° kuzey ve güney enlemleri arasındaki kuşağı kapsar. Yüksek yörüngedeki uydu, Dünya'nın gölgesine, alçak yörüngeli bir uydudan daha seyrek girer; böylece, güç sağlayan güneş pilleri, aşağı yukarı kesintisiz çalışabilir. Ayrıca, alçak yörüngeler hızla bozulur. 1 600 km yükseklikte dünya atmosferinin oluşturduğu sürtünme, uydunun yörünge enerjisini yitirmesine ve sonunda yanmasına neden olmaktadır.

Eşzamanlı yörüngelerin de sakıncalı yanları vardır: Sinyaller daha uzağa taşınacağı için, hem daha fazla güç gerektirir, hem de gecikir. Radyo dalgaları saniyede 300 000 km/san hızla hareket ettiklerinden, Dünya ile uydu arasında, her sinyalde 120 milisaniye kadar bir gecikme olmaktadır. Bu, bir mesaj ile yanıtı arasında, yarım saniyelik bir gecikme verir. Söz konusu gecikmenin, uydu yoluyla telefon haberleşmelerini engelleyeceği sanılmış, ama uygulamada bunun önemli olmadığı görülmüştür.

Günümüzde kullanılan uyduların aşağı yukarı tümü, eşzamanlıdır. Yalnızca Sovyetler Birliği, elips biçiminde yörüngelere oturtulan Molniya (Şimşek) uydu ağından yararlanır. Molniya'ların, Dünya'ya en

S.S.C.B. haberleşme uydu sistemini oluşturan Molniya 1 serisinden bir uydu. (altta) Resimde yalnızca biri görülebilen iki anten, Dünya'yla sürekli ilişki sağlayacak biçimde hareket eder.



yakın noktaları *(yerberi)* 500 km, en uzak noktaları *(yeröte)* ise 40 000 km'dir. Bu, tam 12 saatlik bir yörünge demektir. Uydular ekvator üstünde bir yörünge yerine hafifçe eğik bir yörünge izlediklerinden, yeröte noktası S.S.C.B. üstünde yeralmakta ve uydular Sibirya üstünde 8 saat kalmaktadır (eşzamanlı yörünge için olanaksız bir durum). Büyük Okyanus'un güneyinde Dünya'ya yaklaşan *(yerberi)* uydular hızlanmaktadır.

Uydu teknolojisi: Antenlerin doğru biçimde Dünya'ya yöneltilmesi için, uydunun kararlı hale getirilmesi gerekir. Bunun bir yolu, dönme kararlılığını sağlamaktır. Uydunun ana gövdesi, saniyede bir devir yapar. Böylece cayroskop gibi, uzayda hep aynı yönde, yani Dünya'nın eksenine paralel kalır. Haberleşme donanımı ve antenler, Dünya'yla sürekli ilişkide kalmaları için, tepeye yerleştirilir ve bir motorla tersine döndürülür.

Yeni kullanılmaya başlanan başka bir yöntem de, *üç eksenli dengeleme*dir. Bu sistemde, uydunun ana gövdesi (antenler ve kuvvetlendiricilerle birlikte), aracın bir ekseni Dünya'nınkine paralel olarak, Dünya'ya çevrili durumunu korur. Bu durum, yıllarca (uydunun ömrü kadar) tükenmeyen yakıt ve jet sistemleriyle sağlanır. Dönen platform sorununu ortadan kaldıran bu yöntem, daha elverişli yönetim olanakları sağlamaktadır. Piller, sürekli Güneş'e dönük tutulan geniş kanatlara yerleştirilir.

İçinde duyarlı elektronik aygıtlar ve hareketli parçalar bulunan uyduların, iç sıcaklıklarının da değişmez tutulması gerekir. Bazı durumlarda özel ısıtıcılar kullanılır; ama genellikle, pasif denetimden yararlanılır. Aracın dışı, özel bir boyayla boyanıp, güneş sıcaklığını belirli oranda soğurması sağlanır.

Normal olarak, uyduların haber alma ve yollama antenleri ayrıdır. İletici antenler, 20°'lik bir demet açısı verebilen geniş açılı antenler biçiminde ya da bir istasyona yüksek güçlü yayım yapabilen birkaç derecelik dar demetler oluşturan parabolsü çanaklar biçiminde olabilir. Antenlere, yerdeki bir noktadan da komuta edilebilir.

Uydunun gelen sinyali yeniden yayımlayabilmesi için, 10 000 000 000 kez kuvvetlendirmesi gerekir. Gelen ve çıkan yayınların frekansları farklı olduğundan, karışma olasılıkları yoktur. Sinyallerde MİKRODALGA'lar kullanılır. Mikrodalgalar, atmosferin başka türden sinyalleri yansıtabilen iyonlaşmış tabakalarından etkilenmezler. Uyduların çoğunda,

Bir Avrupa projesi olan Orbital Test Uydusu'nun modeli. (altta solda) Üç eksenli dengeleme sistemiyle donanmış gaz jeti ve sürekli dönen disk içeren ilk uydulardan biri olacaktır. Hızda yapılacak küçük değişikliklerle, derecenin kesirleri kadar duyarlı düzeltmeler yapılacaktır. Antenler Dünya'ya dönükken, üstleri fotosel kaplı güneş panoları, bağımsız olarak Güneş'i izleyecektir.

Marconi'nin Cornwall'de ilk okyanusaşırı yayınını yaptığı noktanın çok yakınındaki üç antenden birinin görünümü. (altta sağda)

gelen frekans 6 GHz, çıkan frekans 4 GHz kadardır. 7-8 GHz ve 11-14 GHz'lik yayınlar da kullanılmaya başlanmıştır.

Bu yüksek frekanslar, transistörlerin (ya da yarıiletken devrelerin) çalışma alanlarının dışında kalır; bu yüzden, frekansın tam bir kesri alınır ve yeniden yayımlanması için çoğaltılır. Kullanılan yayınlayıcı, «*gezici dalga tüpü*» adı verilen termoiyonik bir aygıttır. Gezici dalga tüplerinin güçleri, genellikle 10-20 watt arasındadır.

Bu tür uydular, FOTOSEL'lerden aldıkları güneş enerjisiyle çalışırlar ve 350 watt'lık bir doğru akım gücü üretirler. Güneş tutulmaları sırasında, akümülatörler devreye girer.

Yer istasyonları: Yer istasyonlarının sayısı günden güne artmaktadır (1974'te 90). Bunların çoğu 30 m çaplı çanak antenlerdir. Bazılarıysa, «boynuz» anten türündendir ve dış sinyallerden daha az etkilenirler; ama bu tür antenlerin bir binayla korunması gerekir.

Antenler, RADYOTELESKOP'un tersine çalışır, yani radyo sinyali yollarlar. Sinyal demetinin genişliği bir dereceden daha küçüktür; böylece, güç dağıtılmamış olur.

Antenlerin çoğu hareketlidir; ama bir uyduyla çalışma söz konusuysa, birkaç derecelik oynamalarla, bütünüyle hareketsiz de tutulabilirler.

Alınan ve yanımlanan sinyaller değişik frekanslarda olduklarından, aynı anten, iki sinyal için aynı anda kullanılabilir. İletilen güç, telefon konuşmalarında kullanılan küçük ileticilerde olduğu gibi, yüz watt'ın altında olabilir. Renkli televizyon kanallarında ve binlerce telefon hattını yöneten büyük istasyonlardaysa, kilowatt düzeyinde güç kullanılır.

Kullanımları: Haberleşme uyduları, uluslararası olayları yansıtan TV yayınlarının yanı sıra, telefon konuşmalarının ve bilgi iletiminin gerçekleştirilmesini de sağlarlar. Ana merkezler arasında haberleşmeyi sağlamak için, hâlâ okyanus yataklarına kablo hatları çekilmektedir; ama uydular, bir hat çekimi için yıllar geçmesi gereken kent ve ülkeleri kısa sürede birbirine bağlamaktadır. Bu, özellikle, küçük ve gelişmekte olan ülkeler için önemlidir. Tek bir yer istasyonunun kurulmasıyla, birçok Afrika ülkesinin, dünyanın her yanıyla bağlantı kurması sağlanmıştır.

Uydular, kıtalararası hizmetler dışında, kıta içi bölgesel hizmetlerde de kullanılmaya başlanmıştır. A.B.D., Kanada ve Avrupa için, ayrı uydular planlanmaktadır.

Uydulardan, doğrudan doğruya evlerde yeralan antenlere yayın yapma konusu tartışılmaktadır. Bunun, özellikle azgelişmiş ülkelere getireceği TV hizmetleri büyüktür. Yüksek güçlü uydular henüz kurulmamıştır, ama deney aşamasındadır.

HADDELEME

Haddeleme, metal ve plastikten yapılan çubuk, boru gibi çeşitli ürünlerin biçimlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde plastik ya da metal, kalıptan geçirilerek istenen biçim elde edilir (levha haddeleme için Bk. LEVHA ÇEKME, METAL).

Plastik haddeleme (enjeksiyon): Plastik istenen biçime, belirli kalıplardan geçirilerek sokulur. Bu yolla biçim verilen ürünler arasında düz levhalar, borular, kılıflar (plastik torbalar), kablo kılıfları ve evlerde kullanılan kornişler gibi bazı profiller sayılabilir. Kullanılan PLASTİK, polietilen, naylon, polivinil klorür ve benzeri türleri kapsayan termoplastik cinsindendir. Bu maddeler erimiş halde (150-300°C dolayında), enjeksiyon işleminden geçirilir.

Enjeksiyon makinalarının hem plastiği eritmesi hem de kalıplardan geçmeye zorlayacak birkaç atmosferlik basıncı sağlaması gerekir. Aynı zamanda, boya ve başka katkı maddelerinin, bazen de cam lifi gibi sağlamlığı artırıcı maddelerin katılabilmesine uygun olmalıdır. Bir başka gerekli özellik de, makinanın sürekli ve düzenli çalışmasıdır.

Katı taneli PVC haddeleme makinası. (üstte) Toz halindeki PVC makinaya dökülür, eritilir, kalıptan geçirilir ve soğutulur. Elde edilen ürün, tahta kadar kolay işlenen bordürlerdir. Haddeleme yöntemiyle yalnızca tel ve çubuklar değil, çeşitli türde metal parçalar da elde edilebilmektedir. (altta)

En yaygın enjeksiyon makinası tek burgulu tiptir. Taneli ya da toz halindeki plastik, bir huniden, elektrikle kızdırılmış bir kovanın içinde dönen büyük çaplı bir ARKHİMEDES BURGUSU'na girer.

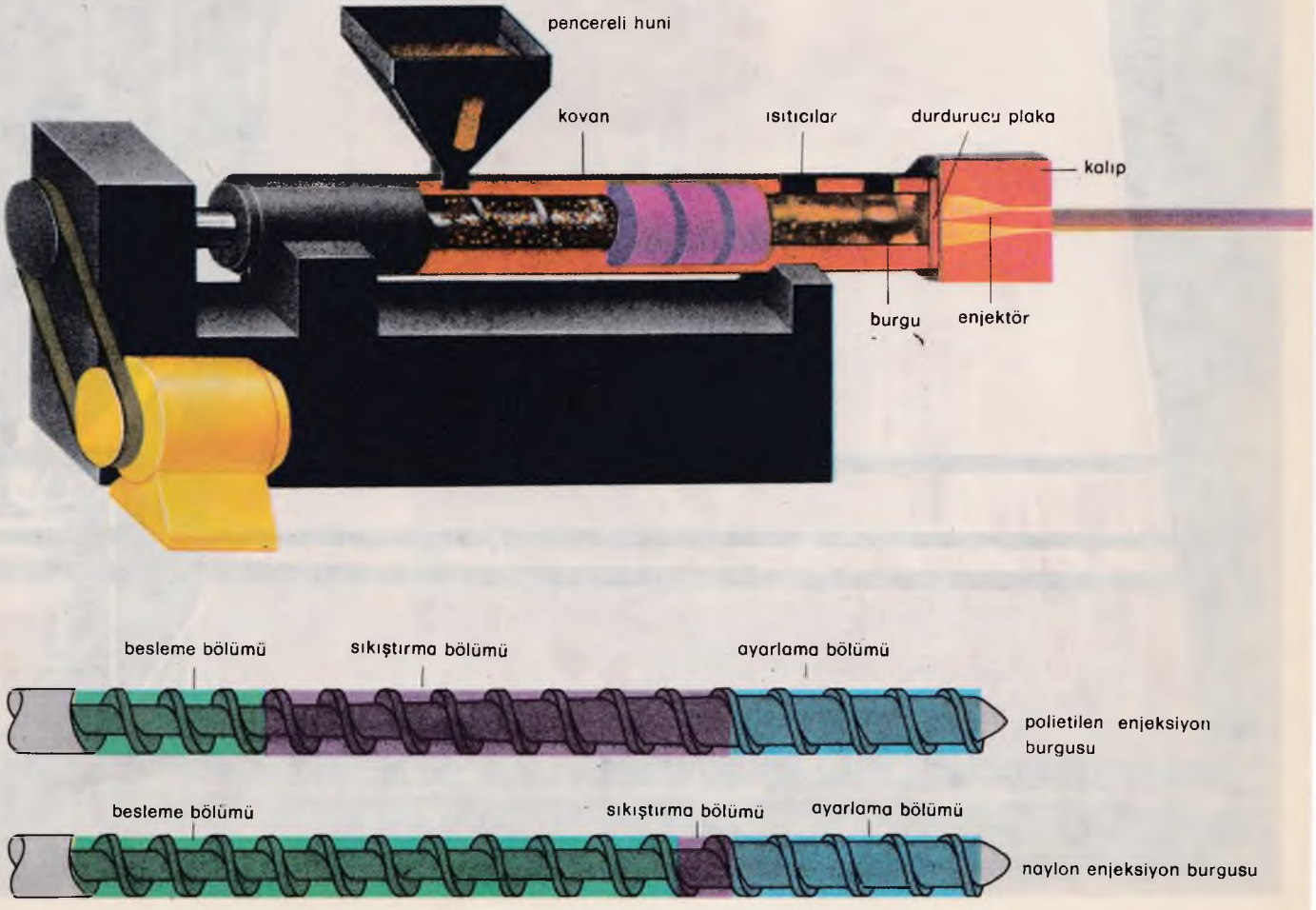
Burgu üç ana bölümden oluşur. Katı maddeyi huninin altından alan besleme bölümünde, burgu oluğu, oldukça derin ve değişmezdir. Bir sonraki sıkıştırma bölümünde ise, oluk derinliğinin azaltılmasıyla, plastiğin kovanın çeperlerine daha çok basınç yaparak ısıdan etkilenmesi sağlanır. Erime, kovan çeperinden aktarılan ısıyla ve sürekli olarak parçalanıp ufalanma durumunda olan plastik taneciklerinin yarattığı ısıyla gerçekleşir. Burgunun son bölümünde, oluk derinliği iyice azalır. Bu bölümün görevi kalıptan çıkan plastiğin niceliğini, sürekliliğini ve karışım düzgünlüğünü sağlamaktır. Burgu ve kovanın birbirine göre hareketi, etkili bir karıştırma ortamı ile enjeksiyon için gereken basıncı sağlar.

Enjeksiyon makinalarının burgu çapları 25 cm' den 300 cm'ye, çıkardıkları ürünse saatte birkaç kilogramdan birkaç tona kadar değişir. Aralarındaki boşluğun düşük tutulduğu kovan ve burgular, yıpranmanın azaltılması için, sertleştirilmiş çelikten yapılır. Burgu normal olarak, hız düşürme dişlileri takılı elektrik motoruyla 100 dev/dak hızla döndürülür. Plastikle birlikte enjeksiyon makinasına giren hava, sürekli sıkıştırmayla dışarı atılır. Bazı plastiklerde, polimerleştirme işleminden kalma dönüştürülmemiş monomerler gibi, buharlaşabilir maddeler bulunur. Bu durumda, kovanın ortalarında bir delik bırakacak türden bir burgu kullanılır. Yabancı maddelerin alınması için de, genellikle burgu ile kalıp arasına bir süzgeç yerleştirilir.

Burgulu biçimlendirme, üflemeli ve püskürtmeli biçimlendirme gibi yöntemlerin de dayandığı temel uygulamadır. Bu nedenle, plastik biçimlendirmesinde burgu, en önemli parçadır.

Metal haddeleme: Bu işlemde, bir metal çubuk, kesiti daha dar olan bir kalıptan, sıkıştırma yoluyla zorlanarak geçirilir. Bu temel ilkeden yola çıkılarak, birbirinden çok değişik birçok yöntem geliştirilmiştir. Söz konusu işlemlerin çoğu, «haddeleme»

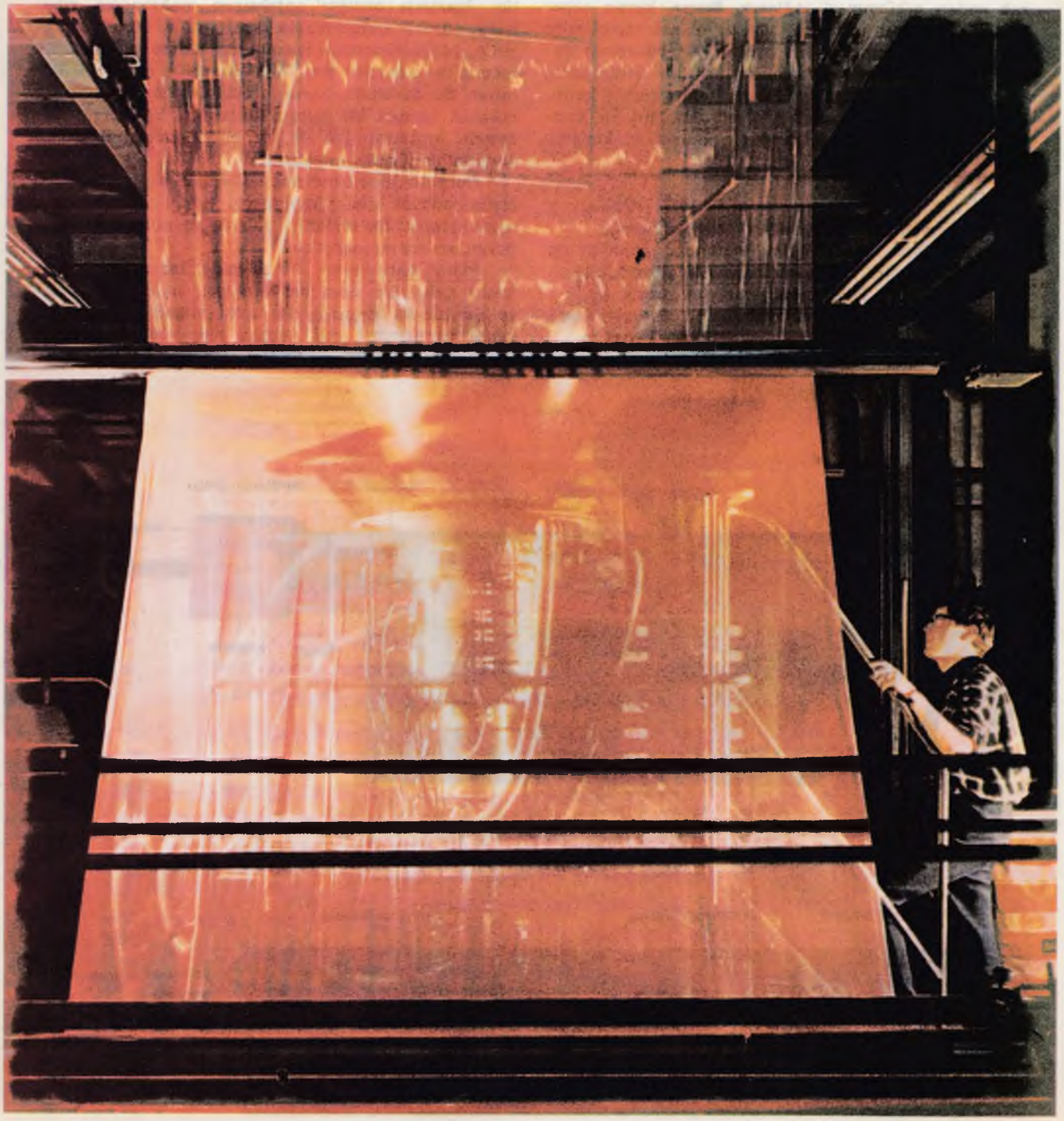
Bir plastik enjeksiyon makinası. (altta) Isıtılmış kovanın içindeki burgu, Arkhimedes ilkesiyle çalışır. Polimer, taneli halde makinaya konulur ve kovanın sağladığı ısı ile sürtünmenin yarattığı ısı sonucunda erir. Plastik malzeme, burgunun üç bölgesinden, yani besleme, sıkıştırma ve ayarlama bölümlerinden ileri, uca doğru itilerek, kalıptan dışarı zorlanır.

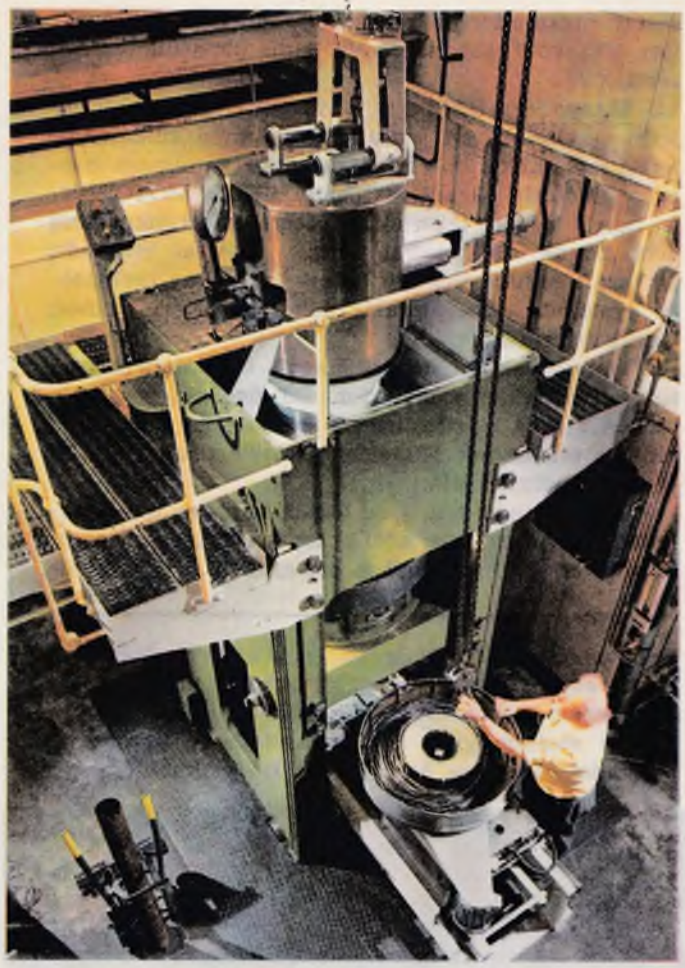


diye tanımlanmakla birlikte, DÖVME'ye benzer. En yaygın yöntem *doğrudan (katı) haddeleme*dir. Küt silindir biçimindeki metal çubuk, kendi çapına oldukça yakın çapta bir silindir kap içine yerleştirilir. Bu kabın ön tarafında, istenen biçimde bir ya da birkaç delikli kalıp bulunur. Doğrudan haddelemede, kalıp hareket etmez. Kabın arka tarafında, çubuğa kuvvet uygulayan bir şahmerdan yeralır. Metal, şahmerdanla kalıba doğru zorlanır. Ters haddelemedeyse, kalıp hareketsiz değildir ve şahmerdanla metal çubuğa doğru itilir.

Haddeleme ilk olarak kurşun boru yapımında

Plastik filmler, erimiş plastiğin ya yuvarlak kalıp ile şişirme kafasından ya da düz kalıptan geçirilmesiyle yapılır. Yuvarlak kalıp kullanıldığında, plastik, boru biçimine getirilir ve kesilir. (altta)





Çubukları tel haline getirmede sarmal haddeleme yapılır. (üstte)
Tek işlemde, torna makinasının dönüşü gibi hidrostatik haddeleme, normal haddeleme ve bir ara aşama birbirini izler. Resimde en üstte dev hidrolik haddeleme silindiri görülmektedir. Resmin solunda görülen çubuk, haddelenerek tel haline getirilecek olan bakırdır.

kullanıldı. Daha sonra yöntem erime noktası yüksek olan başka maddelere de uygulandığında, bu maddelerin ısıtılmadan işlenmesi güç olduğundan, bir sıcak işlem haline geldi. Bakıra dayalı malzemeler 700-900°C'ta, alüminyum alaşımları ise 400 - 550°C'ta işlenir. Çeliğin haddelenmesi için gerekli olan sıcaklık 1 100 — 1 200°C'tır; ama bu işlem sırasında makinanın zarar görmemesi için, yağlayıcı madde olarak cam kullanma zorunluğu vardır. Daha sonraları, yeterli güçte sıkıştırma sağlandığında soğuk haddelemenin, sıcağa oranla daha elverişli olduğu ortaya çıktı. İşlenmesi zor olan maddelerin soğuk haddelenmesi, hidrolik haddelemeyle gerçekleştirilir. Bu işlemde çubuk, şahmerdan basıncını hidrostatik olarak bütünüyle ileten bir sıvı içindedir.

Şahmerdanın sağlaması gereken kuvvet, çubuğun kesit alanına, malzemenin biçim değiştirmeye karşı direncine ve haddeleme oranına bağlı olarak değişir. Genellikle büyük kuvvetler gerektiren bu alanda, 1 200 tonun üstünde kuvvet uygulayan büyük şahmerdanlar kullanılmaktadır.

Çubuğun kesit alanı ile haddelenmiş bölümünün kesit alanının birbirine bölümü olarak tanımlanan haddeleme oranı, malzemeden malzemeye değişir ve en az 5, en çok da 400 olabilir. İşlemede, önemli ölçüde biçim değiştirme ortaya çıkar. Ne var ki, bu biçim değiştirme, haddelenmiş bölüme her zaman aynı düzenlilikte yayılmaz. Çok kullanılan ısıl yöntemde, çubuğun durumuna göre, kalıptan çıkan ilk 20-25 cm'lik bölüm biçimsiz bir döküm olarak çıkar; bu nedenle de işe yaramaz. Kalan bölümde de, yalnızca uzunluğu boyunca değil, kesiti içinde de bazı biçimsiz bölümler ve bunlardan kaynaklanan yapısal ve mekanik yetersizlikler olur. Yöntemin en önemli üstünlüğü, en yalın daireden, dörtgen çubuklara ve daha karmaşık geometrik biçimlere kadar aşağı yukarı her tür kesitin üretilebilmesidir.

HAFRİYAT MAKİNALARI

Hafriyat makinalarında, son otuz yıl içinde önemli gelişmeler gerçekleştirilmiştir. Ancak, en son ulaşılan tasarımda bile, toprak kaldırma mekanizması, ilk modellerdekinin aynıdır: Toprak parçalanır, bir taşıta aktarılır ve taşınır. Her işlem ayrı bir makinayla yapılabileceği gibi, birkaç işlem bir tek makinayla da gerçekleştirilebilir.

Ekskavatör: Günümüzde çamurdan kaya parçalarına kadar, değişik tür zeminlerde çalıştırılabilecek birçok çeşit ekskavatör vardır. Bunlar, kazıcı kepçeleri bütünüyle dolduğunda, en verimli biçimde çalışırlar. Eski, çelik halatlı ekskavatörler, kepçeler dışında, gün geçtikçe yerlerini hidrolik ekskavatörlere bırakmaktadır. *Kepçe*ler KREN'e benzer. Genellikle paletli olan bu makinaların kepçeleri, uzun bir direğin ucuna halatla asılır. Halat bir ucundan kepçeye bağlıdır, öteki ucundan da direğin araca bağlandığı yerdeki vince sarılır. Çalışma sırasında, kepçe sallandırılarak istenilen yere doğru savrulur ve halatın yardımıyla sürüklenerek çekilir. Kepçenin içi, bu sürüklenme sırasında kendiliğinden dolar. Bu tür ekskavatörler, özellikle su altındaki molozu çıkarmada, kum ve çakıl işinde çok elverişlidir. Yıkım işlerinde de bu tür ekskavatörler, hem moloz kaldırmada, hem de ucuna kepçesi yerine büyük bir çelik top asılarak yıkımı gerçekleştirmede kullanılır. Girilmesi güç girintilerde, bunların birbirine kenetlenen kovalı ve küçük kepçeli türleri çok yararlı olmaktadır. Ayrıca bazı gereçlerin ve eşyanın aktarılmasında, vinç gibi de kullanılabilirler (Bk. EKSKAVATÖR, HİDROLİK).

Çarklı ekskavatörlerde kovalar, dönen bir çark üstüne birbiri ardınca sıralanmıştır ve çark döndükçe, yamaçtaki toprak, kovalara dolar. Bu çark büyük bir dingile bağlıdır. Dingil hem yükseltilip alçaltılabilir, hem de sağa sola sallanabilir. Böylece, sü-

rekli bir çalışma sağlanır. Yük, kovalar ters dönerken ya KONVEYÖR'lere ya da başka tür bir taşıma aracına aktarılır.

Çarklı ekskavatörler genellikle çok büyük olur (bazıları kara taşıtlarının en büyükleri arasında yeralır). Bunlar, aşağı yukarı sınırsız sayılabilecek miktarların söz konusu olduğu, açık tavanlı kömür madenleri gibi alanlarda çok elverişlidirler. Ama bazı işletmeler için daha küçük makinaların da yapılmasına önem verilmektedir.

Yükleyiciler: İşlevlerinin çok farklı olmasına karşılık, genellikle BULDOZER'lerle karıştırılan paletli yükleyiciler (loader), hafriyat işlerinin en yararlı makinalarından biridir. Paletli yükleyiciler, yıkım işlerinde ve engebeli arazinin düzeltilmesinde kullanılır. Bu alanlarda hızlarının sınırlı olmasını, dar bir bölge içinde manevra yapabilme özellikleriyle kapatırlar. Paletli yükleyiciler ile buldozerler arasındaki temel fark, buldozerlerdeki bıçağa karşılık, bunların önünde büyük bir yükleyici kovanın bulunmasıdır. Ama ikisi de paletli olduğundan, lastik tekerlekli araçların elverişsiz olduğu kayalık, beton ya da moloz üstünde çalıştırılabilirler.

Düzgün zeminlerde tekerlekli yükleyiciler kullanılır. Tekerlekli yükleyiciler ötekilerden daha hızlıdır, ani dönüşler yapabilir ve hem öne, hem arkaya aynı hızla hareket edebilirler. Günümüzde daha sağlam tekerleklerin yapılması, bunların taş ocakları gibi kötü koşullarda da kullanılmasına olanak vermiştir.

Skraperler: Büyük ve dayanıklı lastik tekerleklerin yapılmasından sonra, her zeminde kullanılabilecek sağlamlıkta motorlu skraperler yapılmaya başlandı. Motorlu skraper temelde, DİZEL MOTORU'yla tahrik edilen tekerlekler üstüne oturtulmuş önü açık, büyük bir kutudan oluşur. Hareket ettiğinde, ön tarafı hafifçe toprağın içine girer. Araç ileri doğru gittiğinde, kutu toprakla dolar. Boşaltma yerinde, toprak dışarı itilir.

Motorlu skraperde en önemli etmenlerden biri, lastik tekerleklerin ömrüdür. Bu nedenle, kepçenin hemen ağzına yerleştirilen parçalayıcı çubuklarla, toprağı ufalayarak yüklemeyi kolaylaştıran yeni bir teknik geliştirilmiştir.

Tersi durumlarda, yani büyük parçalar için ayarlanmış bir skraperle küçük taş parçalarının taşınması elverişli olmadığından, ilk arabalı skraperler de

Batı Avustralya'da ufalanmış filiz aktaran bir çarklı ekskavatörün yakın görünümü. (altta) Bu türden makinalar, maden filizi ve kömür gibi gevşek malzemelerin aktarılmasında ve kazıma işlerinde, dünyanın her yerinde kullanılmaktadır.

önemlerini korumaktadır. Arabalı skraperler, paletli TRAKTÖR'lerle çekilir. Arabalı skraperler ile motorlu skraperler, karayolları yapımı gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır.

Damperli kamyonlar: Hafriyat makinalarının çoğu, yükü birkaç metreden uzağa taşımaya elverişli değildir. Bu iş için genellikle normal kamyonlardan yararlanılır. Özellikle karayollarında taşımanın söz konusu olduğu durumlarda, en uygun araç kamyondur. Bu kamyonlar çoğunlukla çift diferansiyelli olarak düzenlenir; ama hafriyat işlerinin çetin koşullarına dayanacak sağlamlıkta olmadıklarından, taşımanın özel araçlarla yapılması yeğlenir. Damperli kamyonlarda boşaltma mekanizması, ya aracın motoruyla ya da hidrolik olarak çalıştırılan bir krikoyla işler.

Damperli kamyonların taşıma kapasiteleri 20-200 ton arasında değişmekle birlikte, çift diferansiyelli

Sert toprağı parçalamak için bir «yırtıcı» kafa takılmış, büyük buldozer. (üstte) Yırtıcıyla toprak gevşetildikten sonra, buldozerin kepçesi, toprağı kaldırma işlevini kolaylıkla yerine getirir.

Her aksında dört tekerleği bulunan bir damperli kamyon. (altta) Arka planda, lastik tekerlekli bir yükleyici görülmektedir.

olanların üst sınırı 100 ton dolayındadır. Dökme yük taşıma araçlarında, boşaltma kapasitesinin ve boyutlarının, yükleme ve kazma mekanizmalarına uygun olması gerektiğinden, ekonomik boyut 50 tondur. İnşaatlarda ve hafriyat bölgelerinde ayrıca, el arabaları yerine, küçük damperli kamyonlar kullanılmaktadır. Küçük damperli kamyonların kasası öndedir ve güvenlik sürgüsü açıldığında, ters dönerek içindeki yükü boşaltır. Kasanın dengesi, yükün, dingil ekseninin hemen önüne bineceği biçimde ayarlanmıştır. Böylece, çok ufak bir hareketle yük kendiliğinden boşalır. Küçük damperli kamyonlar, çoğunlukla ön tekerleklere bağlı hava soğutmalı dizel motoruyla çalıştırılır; direksiyon ise, arka tekerleklere bağlıdır.

Sürekli çalışma: Çarklı ekskavatörler ve bantlı konveyörler, öteki makinaların tersine, sürekli çalışabilme özelliği taşırlar. Sürekli çalışma sağlama çabaları, belli ölçülerde başarıya ulaşmış ve sözgelimi kum, çakıl, kil üstüne su püskürterek yumuşatıp, borularla aktaran mekanizmalar yapılmıştır. Bu yöntem KAOLİN'in taşınmasında kullanılan yöntemlere benzer ve çok büyük miktarların uzak yerlere aktarılmasında yararlıdır. Toprağın tarıma elverişli duruma getirilmesi için yapılan çalışmalarda ve su yollarının derinleştirilmesinde kullanılan taraklarda da aynı yönteme başvurulur.

Eski sert zemin kazma makinalarının yerine, yenilerini geliştirme konusundaki çalışmalarda istenilen başarı sağlanamamıştır. Büyük alanlar için nükleer patlamaların kullanılması önerilmiş, ama henüz denenmemiştir. Sesötesi (yüksek frekanslı ses titreşimleri) dalgalar da toprağı ve taşı parçalayabilecek güçtedir; ama bu dalgaların uygulanması için elverişli bir yöntem bulunamamıştır.

Bir başka dikkate değer öneri de, tekerlekli ya da paletli araçlar yerine, hava yastıklıların kullanılmasıdır. Ne var ki, bu alanda kolayca yönetilen araçlara duyulan gereksinim, dişliler, çarklar, tekerlekler, paletler gibi pahalı donanımı bırakmanın getireceği üstünlükten ağır basmaktadır.

İngiltere'deki bir kömür madeninde kullanılan Avrupa'nın en büyük ekskavatörü. (altta) Bu araç 3 000 ton ağırlığındadır; kovasıyla 100 tonluk toprağı alıp, 81 metre uzunluğundaki bir direğin ucunda taşır.

HALAT YAPIMI

Halat, en az 4 mm çapında, üç ya da daha çok sayıda bükümün birlikte sarılmasından oluşmuş kalın iptir.

Halat, insanoğlunun ilk buluşlarından biridir ve çağlar boyunca pek az değişikliğe uğramıştır. Bununla birlikte halat yapımında kullanılan malzemede büyük değişiklikler olmuştur. Günümüzde yapılan halatların yüzde 90'ında yapay LİF kullanılmaktadır. İ.Ö. 1800 yılından kalma mağara resimlerinde, tırmanma amacıyla kullanılmış bazı bükülmüş halatlara raslanılmaktaysa da, en eski ipin (İ.Ö. 1000) ketenden yapıldığı bilinmektedir. British Museum'da, Nil ırmağı kıyılarındaki papirüs ya da kamışlardan yapılmış, 2 000 yıllık halat örnekleri bulunmaktadır. Halat yapımında hurma, jüt, pamuk ve hindistancevizi gibi birçok bitkiden yararlanılmıştır. XIX. yüzyılın sonlarına doğru *manila keteni* bulunmuş ve çok kısa bir sürede yaygınlaşarak, gelişmiş

Büyük örme makinasında, bir orta bölüm ile bir kabuk bölümünden oluşan naylon halatın yapılışı. (sağda) Halat, iç bölüm ile dış kabuğun, yükü eşit olarak paylaşabileceği biçimde üretilir.

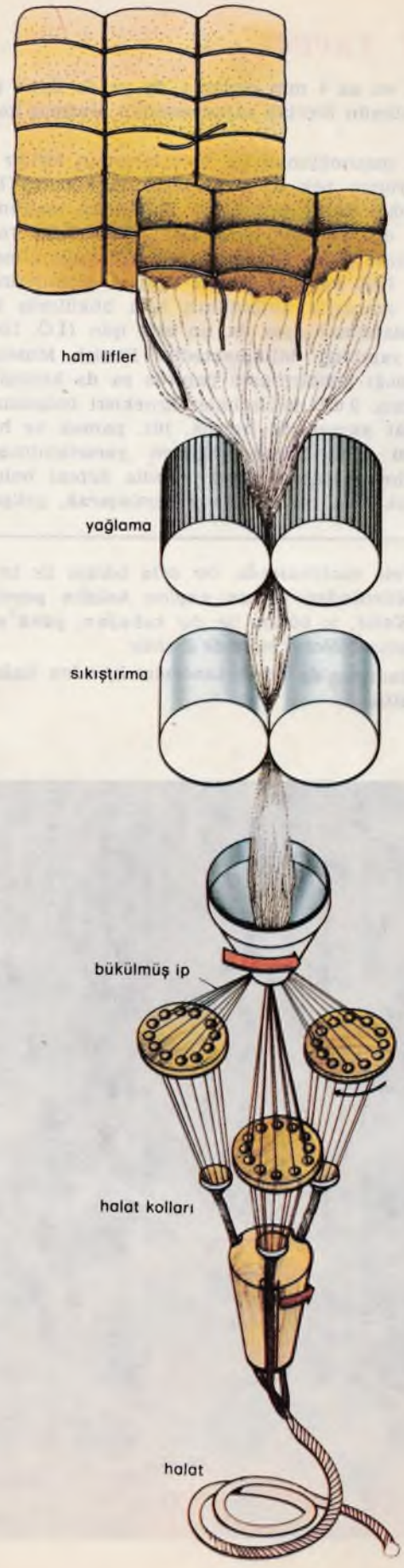
Güney Hindistan'da hindistancevizi lifinden halat yapımı. (altta

işleme makinalarının kullanılmasına yolaçmıştır. 1900'lerin başlarında ortaya çıkan *sisal* (bir başka sert lif), manila kadar yaygınlaşmamakla birlikte, Dünya savaşları boyunca onun yerine kullanılmıştır. Sap ve saman balyalarını bağlamak için üretilen iplerin yapımında da sisalden yararlanılmaktadır; ama günümüzde sisal, yerini bu alanda da sentetik iplere bırakmaktadır. 1950'lerde naylonun ve bir polyester olan terilenin (dakron), halat yapımına çok elverişli olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle 1960'larda yaygın olan bir başka yapay lif de polietilendir. Ama bu madde, balıkçılık gibi birkaç alan dışında, yerini, daha kuvvetli ve ucuz olan polipropilene bırakmaktadır. Ayrıca cam lifiyle, karbon lifiyle ve yeni bir aromatik poliamid lifiyle halat yapma denemeleri sürdürülmektedir.

Çağdaş halat üretimi: Doğal lifli halatlar ve bazı yapay halatlar, işlenmemiş liflerin bükülmesiyle elde edilen iplikten yapılır. Lifler önce bir *keten tarağı*na sokulup, çelik dişlerle taranarak, kaba bir fitil elde edilir. Aynı işlem benzeri makinalarda, her seferinde daha sık dişler kullanılarak yinelenir ve fitil düzenli bir duruma getirilir. Fitil, çekme makinalarında çekilerek sıkılaştırılır ve bükülerek iplik haline getirilir. Elde edilen ipliğin bükümü ya sağa doğru (Z) ya da sola doğrudur (S).

Naylon ve polyester gibi yapay iplikler, kesiksiz lifler halinde üretilir ve bu liflerin bir araya getirilmesiyle, yeterli kalınlıkla ipler elde edilir. İpler daha sonra, halatın kollarını oluşturmak için, bobin askılarına (ip bobinlerinin takılı durduğu tabla) takılır. Alışılagelmiş üç kollu halatlarda sağ büküm kullanılır. Uçlar bir *ayar tablası* içinden geçirilerek, kolların düzgün olması, iç ipliklerin merkezde kalarak sağlamlığı artırması ve herhangi bir sakatlık olasılığının azaltılması sağlanır. İpler daha sonra, bir sıkıştırma borusundan geçirilir. Orada büküm noktası ayarlanarak, halat kolu kesitinin düzgün olması sağlanır. Elde edilen halat kolu borudan geçirilerek, ip bükümünün tersine, sol bükümle bükülür. Yuvalama makinasında bu kollar bocurgatla çekilerek bobinlere sarılır. Bobinler, dolunca, son büküm makinasına aktarılır. Bu makinanın bir ucundan birer birer alınan halat kolları, öteki uçta bir araya getirilir. Son büküm, kol bükümlerinin tersine, sağa doğrudur. Çıkan halat, gene bocurgatla çekilerek bir makaraya sarılır. Halat kolu bobinleri boşaldığında, boş bobin kilitlenir ve halat kollarından ya da daha ince halattan yapılmış bağlama şeritleriyle bağlanır.

Halat yapmanın bir başka yöntemi de, halatı oluşturan kolların yayıldığı bir halat yatağı kullan-



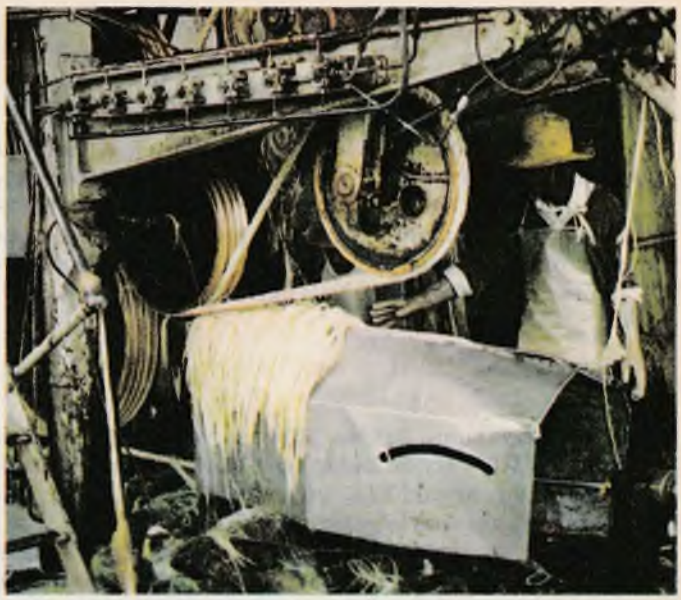
Üçlü halat yapımının çeşitli evreleri. (sağda) Ham lifler, yağlandıktan sonra birkaç kez taranır ve fitil haline getirilir. Fitiller, daha sonra ip haline getirilir ve ters yönde sarılarak, halat kolları oluşturulur. Son olarak, kolların büküm yönü ters çevrilerek, halat ortaya çıkarılır. Bu tür halatlar gemi bağlamada kullanılır.

maktır. Hareketli bir demir halkayla çekilen halat kolları, gereken uzunluğa geldiğinde, bir sürgü aracılığıyla bükülür. Sürgü, hareketli halkadan belirli bir hızda, düzenleme tablasına gelir.

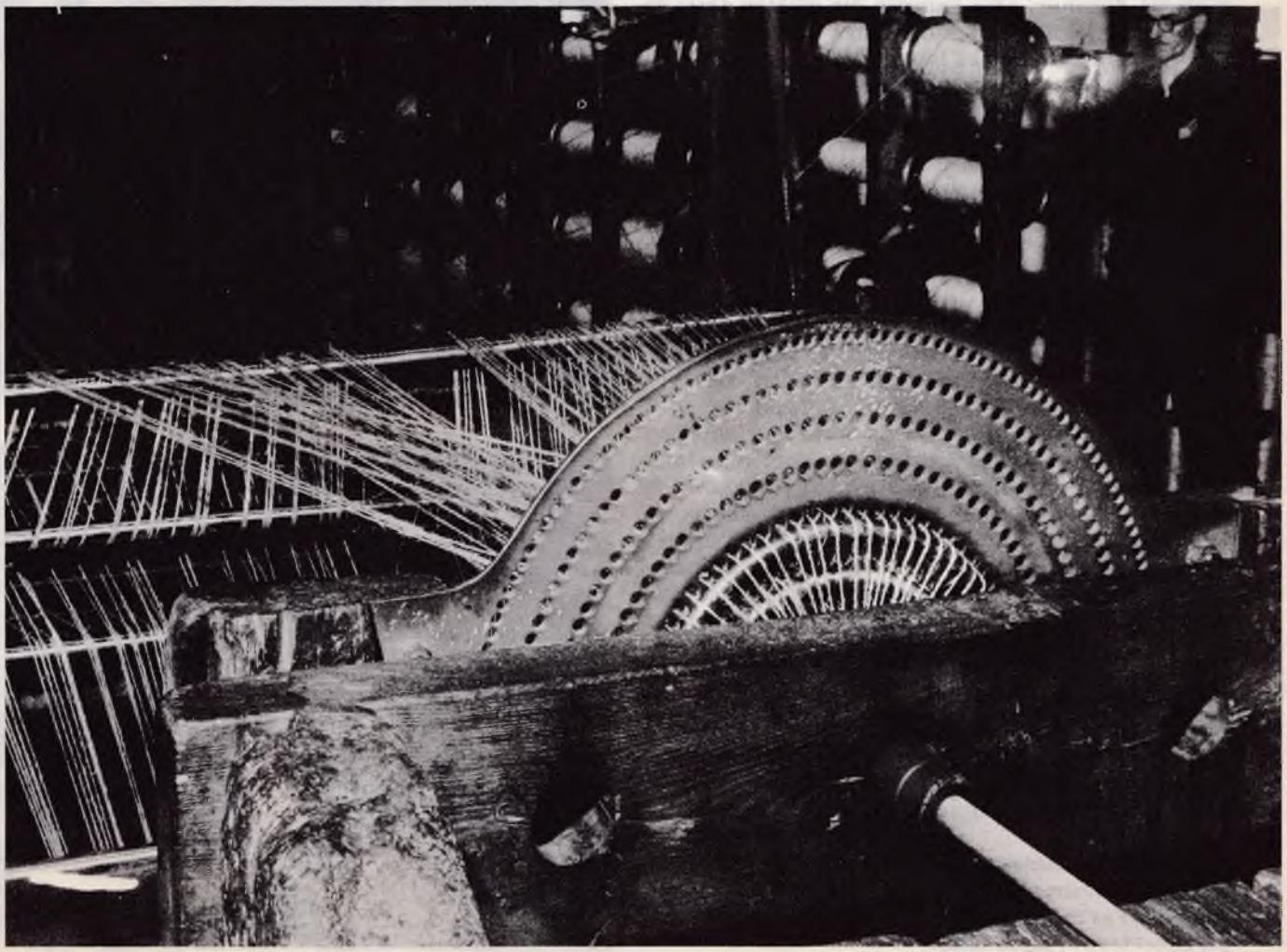
Halatın yapısı: Halatlar kollarındaki büküm sayısına göre ayrılır. *Çok bükümlü* bir halatta, halatı oluşturan kolların bükümü, *az bükümlü* olanınkinden daha fazladır. En çok yapılan halat, üç kollu halattır. İp merdivenler için elverişli olan dört kollu halata, «*çarmık*» adı verilir.

Son yıllarda, gemileri bağlamak için, büyük kıvrımlı ve örgülü halatlar yapılmaktadır. Bunlarda kıvrım daha az olduğu için halatlar daha ekonomiktir. Bu tür halatların en çok kullanılanlarına «*çapraz örgü*» denir. Çapraz örgüde, dört tane sol yönde sağ bükümlü ip, dört tane de sağ yönde sol bükümlü ip bulunur. Bütün ipler, normal bükme makinalarında üretilir ve özel bir son büküm makinası, kolları çiftler halinde, iki sağ bükümlü ve iki sol bükümlü kol birbirini izleyecek biçimde örer. Elde edilen halat oldukça esnektir. Bu yöntem özellikle, naylon ve polyester gibi ucuz malzemenin kullanıldığı halatlarda elverişlidir.

Günümüzde halat yapımının en önemli özelliği



Sisal lifi işleme makinası. (üstte) Lifler, bitkinin yapraklarından mekanik olarak, bir kabuk soyucuyla ayrılır. Resimde sarımsı-beyaz sisal lifleri görülmektedir. Bunlar halat yapımında yaygın olarak kullanılır.
Büyük bir halat yapma makinasının ayar tablası. (altta)



çeşit fazlalığıdır. Değişik amaçlar için özel halatlar yapılabilmektedir: 200 000 tonluk bir petrol tankerinin bağlama halatı; Kuzey denizindeki petrol platformlarında kullanılan naylon halatlar; yelkencilikte kullanılan polyester halatlar; dar alanlarda kullanılan polyester çekme halatları; vb.

HALI YAPIMI

Halı yapımı, Batı'da oldukça yeni bir buluş sayılır. XVIII. yüzyıla kadar bu ülkelerde pek görülmeyen halılar, ancak XIX. yüzyılda, DOKUMA TEZGÂHI'nın bulunmasıyla yaygın hale gelmiştir.

Oysa Doğu'da, çok uzun zamandan bu yana, el tezgâhlarında halı dokunmaktadır. Bilinen en eski halı, yaklaşık İ.Ö. 500 yıllarından kalma bir Pazirik halısıdır. Orta Asya'da, Doğu Altay'da bir mezarda bulunmuştur. Söz konusu mezar buzulla kaplı olduğu için, içindekiler bozulmadan kalmıştır.

El yapısı halılar: Pazirik halısı, Perslerden kalmadır ve el yapısı halılarda günümüzde de en çok kullanılan *Gördes* ya da *Türk düğümü*yle dokunmuştur. Bu halılar, tıpkı yalın dokuma kumaşlar gibi, tezgâhlarda dokunur; ama yalnızca bir iplikten *(arış* ya da *çözgü)* geçirilen bir ikinci ipliğe *(atkı* ya da *argaç)* ek olarak,bir üçüncü iplik, yani *hav* ipliği de kullanılır. Hav, hav ipliğinin, her çözgü ipliğine sırayla düğümlenmesi ve normal olarak atkının içinden, her düğüm sırasında iki üç kez geçirilmesiyle yapılır. Bundan sonra dokuma, bir tarakla *(kirkit)* ya da elle, yukardan aşağı doğru çekilir. Böylece, düğümlerin daha sıkı ve sağlam olması sağlanır. Sonra bir dizi düğüm daha yapılır ve halı yapımı, böyle sürer gider.

En çok kullanılan Gördes ve *Sine* düğümleri, iki uç da dışarı bakacak biçimde, her düğüm için bir ya da iki çözgü ipi alınarak dokunur. Çeşitli renklerde hav ipliğiyle, halıların karmaşık desenleri yaratılır. Halı tamamlanınca hav, eşit uzunlukta kesilir.

Gördes düğümü, Sine (ya da *İran*) düğümünden daha sağlam, ama daha kabadır. Bu yüzden, yalnızca düz çizgili desenlerde kullanılabilir. Kıvrımlı ve ince hatlı motifler, Sine düğümüyle dokunur.

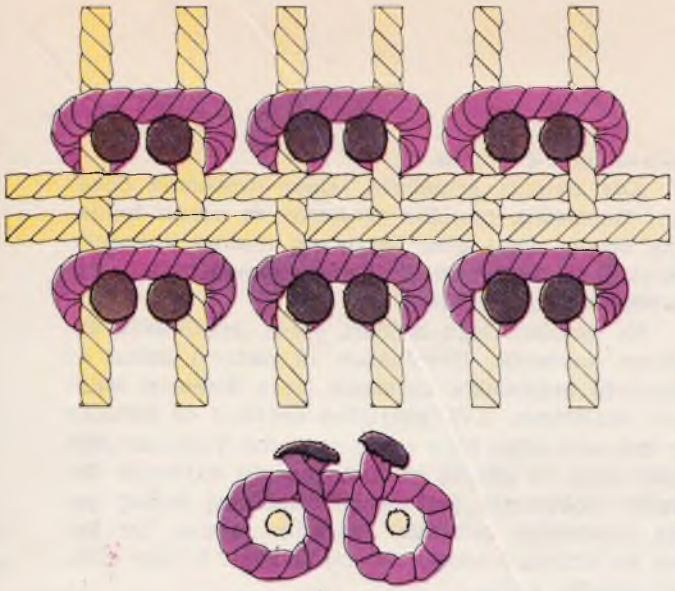
Halı tipleri: Dokumanın sıklığı, halıdan halıya büyük değişiklik gösterir. İnce bir halıda, santimetrekareye yaklaşık 40 düğüm düşer. Bu durumda düğümler, birbirinden 2 mm aralıklı olur. Bazı halılar milyonlarca düğümden oluşur ve yapılması yıllar alır.

Doğu halıları ve kilimleri, desenlerine ve yapılış biçimlerine göre sınıflandırılabilir. Yörük halıları, hayvanlar için yeni otlaklar arama amacıyla bir yerden bir yere göç ederken rahatça sökülüp kurulma ve taşınabilme özelliği nedeniyle, enine tezgâhlarda dokunur. Bu halıların dikey, yatay ya da çapraz çizgili, gözalıcı desenleri vardır. Çiçekler, hayvanlar, böcekler, yıldızlar ve benzeri motifler, geometrik biçimlerde halıya aktarılır. Desenler, kuşaktan kuşağa geçirilir. Yörüklerce dokunan halı ve kilimler oldukça küçüktür ve çoğunlukla, biraz deve tüyü ile ipek karıştırılmış yünden yapılır.

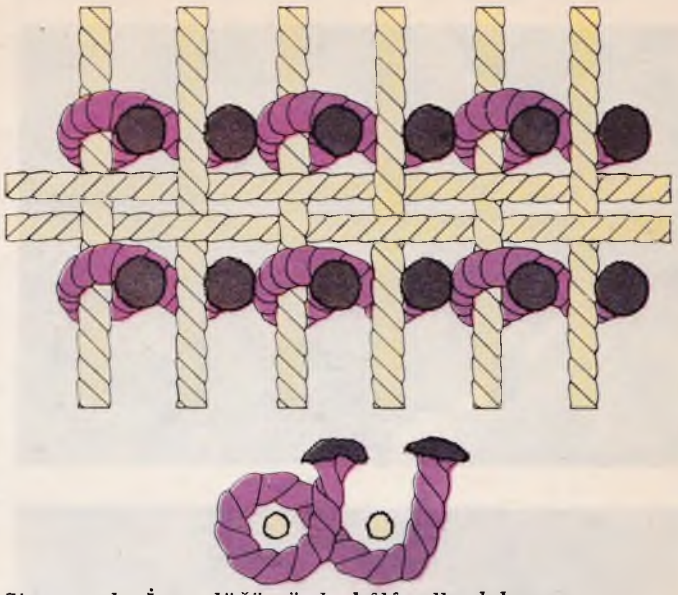
Köylerde dokunan halı ve kilim desenleri, genellikle geleneksel motiflerden oluşur. Buralarda dikey tezgâhlar kullanılır. Dikey tezgâhlarda, çözgü ipliği ya hareketsiz üst ve alt sırıklar arasına gerilmiştir ya da halının daha uzun dokunabilmesi için, hare-

Dikey tezgâhta çalışan Tibetli halı dokumacıları. (sağda üstte) Resmin üstünde görülen halı bitmiş ve örnek olarak asılmıştır. Halı alttan başlanarak dokunur. Dokunan uç, rahat çalışmayı engelleyecek kadar uzayınca, halı, aşağıdaki çubuğa sarılır.

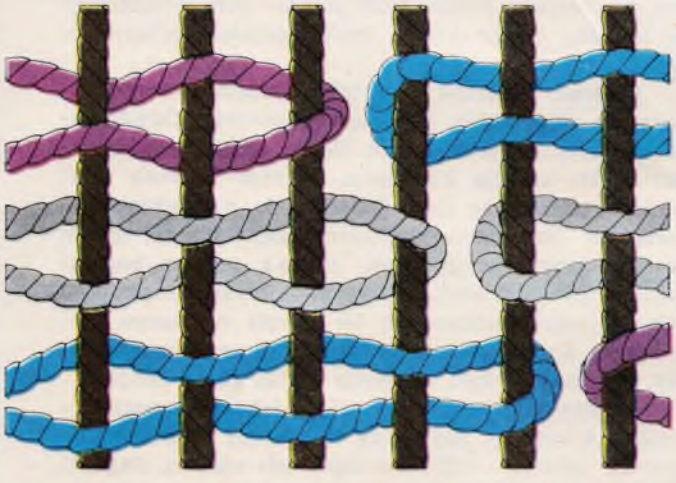
Elle dokunan halıların havı düzensiz olur; kesilip eşit boya getirilmeleri gerekir. Resimde, Fas'ta dokunmuş bir Berberi halısı görülmektedir. (sağda altta)



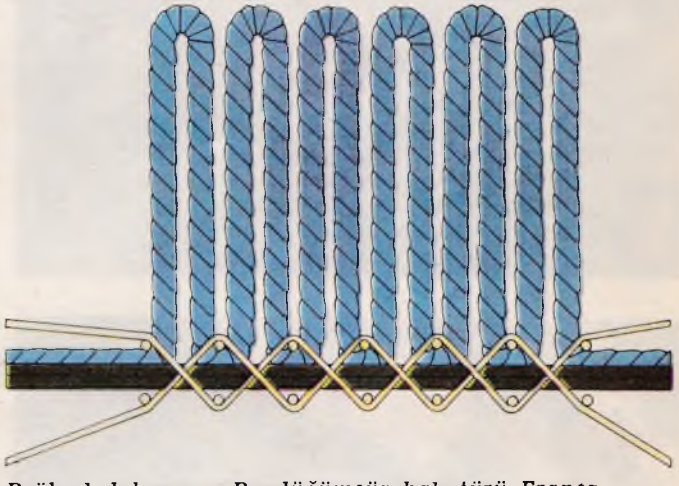
Gördes ya da Türk düğümü, elle dokunan Doğu halılarında kullanılır. İplik uçları, çift çift çözgü ipliklerinin arasından çekilip düğümlenir.



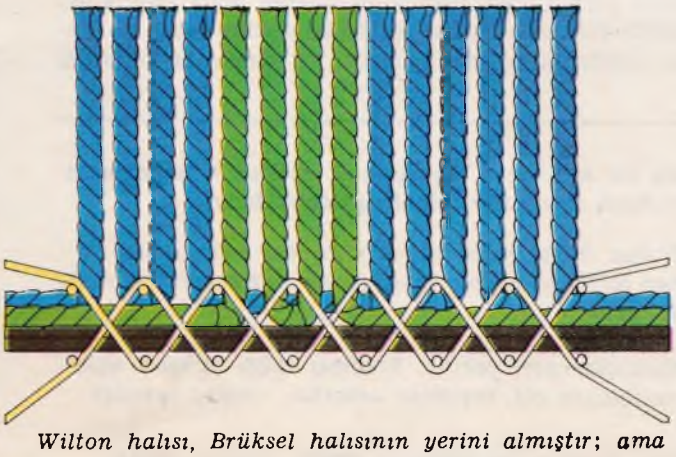
Sine ya da İran düğümü de hâlâ, elle dokunan halılarda kullanılmaktadır. Ama bunda, çözgü ipliklerinin arasından uçlar tek tek geçirilir.



Kilimde düğüm yoktur, kumaş gibi dokunur. Desenler, bir renk bitince geri döndürülen atkı renkleriyle oluşturulur. Parlak mineral ve bitki boyaları, özellikle kırmızılar, kahverengiler ve çivit mavisi kullanılır.



Brüksel dokuması. Bu düğümsüz halı türü Fransa ve Flandres'da geliştirilmiş ve XIX. yüzyıl ile XX. yüzyıl başlarında kullanılmıştır. Tezgâha enine yerleştirilen çubuklar, ilmiklerin oluşturulması tamamlanınca, çekilip çıkarılır.



Wilton halısı, Brüksel halısının yerini almıştır; ama aynı biçimde dokunur. Wilton halısında ilmikler, Brüksel halısı yapımında kullanılan çubukların yerini alan bıçaklarla kesilir. Atkı ipliklerinin arasına da, «dolgu» denilen, pekiştirici iplikler geçirilir.

İpliklerin ayrı ayrı dokunduğu Axminster halısı. Çizimde, kıskaç mekanizmasıyla dokunan bir halı görülmektedir. Ayrı ayrı renkler, bir metal çubuk üstündeki deliklerden, maşaya benzer kıskaçlarla çekilip alınarak halıya dokunur.

ketli alt sırık kullanılır.

Köy halıları genellikle, stilize desenlerle dokunur. Geometrik motifler yinelenir ve yörük halılarına oranla daha göze batmayan renkler kullanılır. Tezgâhların taşınması söz konusu olmadığından, daha büyük halılar dokunabilir.

En gözalıcı Doğu halıları, geniş tezgâhlarda dokunan halılardır. Uzunlukları 12 metreyi bulan bu halılarda çoğunlukla karmaşık çiçek desenleri bulunur. Aralarında XVI. yüzyıldan örnekler de bulunan bu halıların çoğu, birer sanat yapıtıdır. Yumuşak yün, ipek, altın ve gümüş iplikler, ince ve karmaşık desenleri dokumada özel beceri kazanmış birkaç çocuk tarafından dokunur. Tezgâhın yanına, her karesi bir düğümü belirleyen, kareli kağıt üstüne çizilmiş motifler asılır.

Bütün halılar havlı olmaz. Sözgelimi kilimde, motifleri atkı renkleri oluşturur. Atkı, bir uçtan öteki uca uzatılacağı yerde, yarı yoldan geri döndürülür ve böylece küçük küçük renk parçaları ortaya çıkar.

Boyalar: Eskiden halı ipleri yalnızca yerel bitkilerden elde edilen boyalarla boyanırdı. Günümüzde bunların yerlerini büyük ölçüde anilin boyalar almıştır. Bu amaçla kökboyası (kırmızı), somak (sarı ve kahverengi) ve çivit (mavi) gibi bitkilerden yararlanılır. Nar, ceviz ve benzeri meyveler de, uygun bir *mordan*la karıştırılınca, çıkmaz, solmaz boyalar sağlayabilir. Mordanlar, boya ile kimyasal tepkimeye girerek, suda çözünmeyen bir bileşik oluşturan, mineral ya da bitkisel maddelerdir. Bunlara örnek olarak, şap, kalay oksit ve demir sülfat gösterilebilir.

Avrupa'daki gelişmeler: Halı dokuma sanatı, Doğu'dan Avrupa'ya yayıldı ve Fransa ile Flandres bölgesinde yerleşti. «*Brüksel tipi*» adı verilen, düğümsüz yeni bir dokuma biçimi geliştirildi ve burada uygulanan ilkeler, makinalaşma için çok elverişli bulundu.

Brüksel halısında hav, serbest uçlardan değil, ilmiklerden oluşur. Hav ipliği, dokuma sırasında tezgâha yerleştirilen çubuklara dolanıp ilmik haline getirilir. Dokuma bitince, çubuklar çekilip çıkarılır. Yalın düğümlü halıda, yalnızca bir sıra atkı ve çözgü

Bu iki sayfadaki beş resimde desenli halı dokuyan kıskaçlı Axminster tezgâhı görülmektedir.

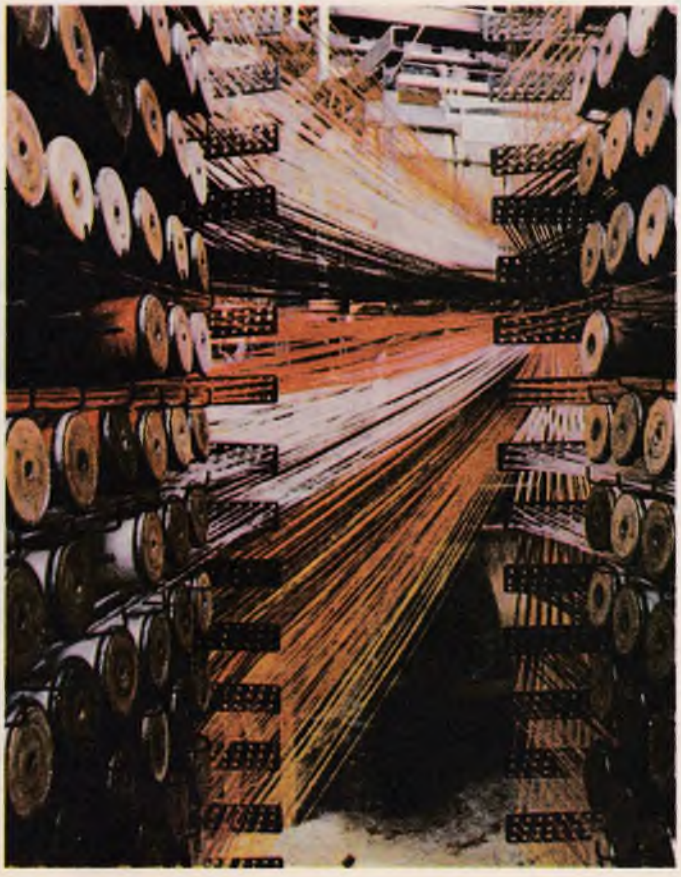
Kıskaç dizisi, salınımlarının en üst noktasında, hav ipliğinin ucuna kapanıp bir sıra çekerler. (solda üstte)

Kıskaçlar geri çekilip, kesilmiş ipliği taşıyan uçları, makinanın alt kesimine sokarlar. (solda ortada)

Halı makinadan çıktıkça sarılır. (solda altta) Tezgâh, sürekli olarak denetim altında tutulmalıdır; çünkü kıskaçlardan biri çalışmayacak olursa, iplikler eksik kalır.

Tezgâhın arkasında birçok makara bulunur. (üstte) Hav ipliği bu makaralardan, taşıyıcı çubuklara verilir, oradan da kıskaçlar tarafından çekilir. Bir kıskaçlı mekanizmada en çok sekiz renk bulunabilir. Ön planda makara saran bir işçi görülmektedir.

Tezgâhın arkadan görünüşü. (altta) Makinanın arkasından giren hav iplikleri görülmektedir.



bulunur, ama Brüksel halılarında, iki sıra vardır. Atkının iki sırası arasına,«*dolgu*»adı verilen fazladan bir çift iplik sıkıştırılır ve bu ek iplikler, halıyı pekiştirip sağlamlaştırır.

Wilton halıları: XVII. yüzyılın sonlarına doğru, Avrupa kıtasında protestanların kovuşturmaya uğraması, bunların bir bölümünü İngiltere'ye kaçmak zorunda bıraktı. Bazıları Wiltshire yöresinde, Wilton'a yerleştiler ve orada *Wilton* halısını geliştirdiler. Wilton halısı, Brüksel dokumasıyla dokunur; yalnız, çubukların yerine bıçak yerleştirilmiştir ve bu bıçak, çekilip alınırken, ilmikleri kesip havı oluşturur.

1801 yılında Fransa'da JAKAR TEZGÂHI'nın geliştirilmesi, Brüksel ve Wilton halılarının beşe kadar çıkabilen renklerde dokunmasına olanak sağladı. Bu yöntemde, havı oluşturan ipliklerin tümü, halının bütün köşelerini dolaşır ve görülmesi istenen renk, bir ilmik olarak çekilip çıkarılır. Değişik renkteki hav ipliklerinin, halı yüzünde görünmedikleri yerlerde de bulunması, bir anlamda iplik ziyanına yolaçmaktadır; ama halının kalın ve yumuşak olmasını da sağlar.

Wilton halıları, günümüzde de geniş jakar tezgâhlarında dokunur. Bir tip makina, karşılıklı iki halı birden dokur. Bir bıçakla iki halının ilmikleri kesilince, hem halılar birbirinden ayrılır, hem de hav oluşturulur.

Axminster halıları: 1755 yılında, Devon bölgesinde, Axminster'de, Thomas Whitty adında bir kumaş dokumacısı, nitelikli el halıları üreten bir fabrika kurmuştu. Bu nedenle, hav ipliğinin kesintisiz değil de, ayrı ayrı topaklar halinde dokunduğu *(tafting)* çeşitli halıcılık işlemlerine «Axminster» adı verilmiştir.

Günümüzde Axminster halıları dokumada kullanılan işlemlerin ikisini de, New York'ta, Halcyon Skinner bulmuştur. Makaralı Axminster makinalarında, halı havı için gerek duyulan (kuramsal olarak sınırsız renk) her renk, halının eni boyunca yerleştirilmiş yatay makaralara önceden sarılmıştır. Her sıra için bir makara hazırlanır ve makaralar, birbiri üstüne sonsuz bir zincir halinde sıralanır. Bir süre sonra aynı motif yinelenir. Motifin her metrede yinelendiği halılarda, makara sayısı yaklaşık 288'dir.

Her makarada bir dizi küçük boru vardır. Hav ipliğinin uçları, bu borunun içinden geçip aşağı sarkar. Bir çift kol, makaraları sırayla zincirden alıp dokuma noktasına indirir; orada borunun uçlarından sarkan iplikler, çözgü ipliklerine girer. Sonra atkı iki kez geçirilerek, uçlar kıstırılır; daha sonra bu uçlar geri alınıp, başka bir atkı geçirilir. Makara hafifçe kaldırılır, biraz daha hav ipliği dışarı çekilir ve bir bıçak, sarkan ucu keser. Bu işlem, halının her sırasında yinelenir.

Kıskaçlı Axminster mekanizmasında, daha az (genellikle sekiz) renk dokunabilir. Her sıra için ayrı bir makara kullanma yerine, «sürgü» ya da «taşıyıcı» adı verilen metal bir çubuk bulundurulur. Çubuğun üstündeki sekiz delikten, hav ipliğinin çeşitli renkleri çıkar. Bu çubuklar halının eni doğrultusunda yerleş-

Kula kilim seccadelerinden bir örnek.

tirilir. Bitmiş halının her iplik sırasına bir çubuk (genellikle 2,5 cm'ye yedi çubuk) gerekir. Her çubuğun bir kıskacı vardır. Kıskaçlar, gagaya benzer mekanizmalardır; yan yana dizilmişlerdir ve bir eksen çevresinde birlikte hareket ederler; çubuk üstündeki iplikleri çekip koparırlar. Böylece, iplikler çubuktan çekilirken, 19 mm kadar bir parça kesilmiş olur. Gereken renk, çubuğu aşağı yukarı hareket ettirme yoluyla, jakar tezgâhının delikli kart mekanizmasınca seçilir.

Kıskaçlar, ipliği dokuma noktasına taşır ve orada, makaralı Axminster yönteminde olduğu gibi, halı dokunur. Makaralı kıskaç türünde ise, iki tip makinanın özellikleri birleştirilmiştir. Kıskaçlar, ipliği doğrudan doğruya makaradan alır.

Axminster halıları, Wilton halılarına oranla hav ipliğini daha ekonomik kullanırlar. Görünen kesimin altında hav ipliği bulunmaz. Wilton halılarının daha kalın olmasına karşılık, Axminster halıları, daha ucuz olduklarından, daha geniş ölçüde kullanılırlar.

Tafting halılar: Günümüzde halı pazarının büyük bir bölümünü tafting halılar tutmuştur. Bu halılar, bir çok eve duvardan duvara halı döşenmesini sağlamış ve halı üretiminde çok büyük bir artışa yol açmıştır. Tafting, yani doldurma işlemi, 1920'lerde dikiş makinasından geliştirilmiş bir yöntemdir ve önceden dokunmuş bir kumaşa, tutam tutam iplik dikmeye dayanır. Bir iğneyle hav, halının alt yüzünden batırılır.

İğne, ucunda bir bıçak bulunan, çengel biçimli bir parçaya tutturulmuştur. Bıçak, ilmikleri kesip havı oluşturur. Havın yerinden çıkmaması için, alt yüzüne kauçuk köpüğü sürülür. Çoğunlukla bunun da altına bir dokuma geçirilerek, halının hem sağlam olması, hem de dokunmuş izlenimi vermesi sağlanır.

Halı üretiminde kullanılan birçok teknik, bir tür yapışkanla kaplanmış tabana, hav ipliği yapıştırmaya dayanır. Uzun tüylü halı üretiminde kullanılan bir yöntemde, eşit uzunlukta kesilmiş iplik parçaları, yapışkan kaplı tabana, ELEKTROSTATİK alan kullanılarak yapıştırılır. Bu alan, ipliklerin hem sıkı sıkı yapışmasını, hem de hav oluşturacak biçimde dik durmasını sağlar. Bir başka yöntem de, dükkan ve işyerleri için halı üretiminde kullanılır. Bu yöntemde, dokuma tabana iplik parçaları, küçük, çatallı iğnelerle tek tek batırılır. Sonra halı, akrilik reçineyle işlemden geçirilip silindirlere verilerek sağlamlaştırılır.

Resmin (altta) üst kesiminde Axminster halısının çizimi; altında ise, bu çizime göre dokunmuş halı motifi görülmektedir.